

**PENAMBAHAN RESIDU KELAPA SAWIT KE DALAM RORAK UNTUK
MEMPERBAIKI KERAPATAN CACING TANAH
DAN AKAR TANAMAN KELAPA SAWIT**

Oleh
DINERY QIARA LINGGA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

**Penambahan Residu Kelapa Sawit Ke Dalam Rorak Untuk
Memperbaiki Kerapatan Cacing Tanah
Dan Akar Tanaman Kelapa Sawit**

**Oleh
Dinery Qiara Lingga
145040200111138**

**Program Studi Agroekoteknologi
Minat Manajemen Sumber Daya Lahan**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2018**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang,

Dinery Qiara Lingga



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Penambahan Residu Kelapa Sawit Ke Dalam Rorak Untuk
Memperbaiki Kerapatan Cacing Tanah dan Akar Tanaman
Kelapa Sawit

Nama Mahasiswa : Dinery Qiara Lingga

NIM : 145040200111138

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Pembimbing Utama, Disetujui Pembimbing Kedua,

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D
NIP. 195604101983032001

Rika Ratna Sari, SP., MP.
NIP. 20160988013020001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 1981031006

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

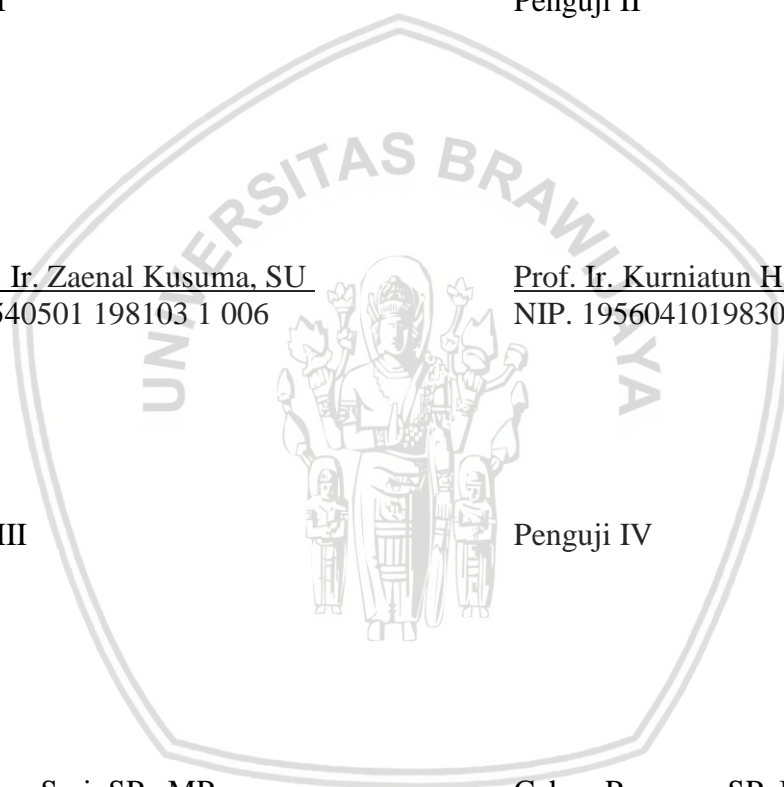
Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D
NIP. 195604101983032001

Penguji III

Penguji IV

Rika Ratna Sari, SP., MP
NIP. 20160988013020001

Cahyo Prayogo, SP. MP. Ph.D
NIP. 19730103 199802 1 002





*Dengan Menyebut Nama ALLAH SWT,
SKRIPSI ini saya persembahkan untuk
Ayah, Mama dan Adik tersayang*



RINGKASAN

Dinery Qiara Lingga. 145040200111138. Penambahan Residu Kelapa Sawit Ke Dalam Rorak Untuk Memperbaiki Kerapatan Cacing Tanah Dan Akar Kelapa Sawit. Dibimbing oleh Kurniatun Hairiah dan Rika Ratna Sari

Salah satu manajemen yang telah dilakukan pihak perkebunan kelapa sawit untuk mengatasi masalah kekeringan dan kekurangan unsur hara adalah mengembalikan residu panen. Pelepah sawit yang dipangkas disusun di jalur gawangan mati serta membuat rorak diantara pohon kelapa sawit dan diisi dengan janjang kosong sawit. Pengembalian bahan organik ini akan mempengaruhi kerapatan akar kelapa sawit dan kehadiran makrofauna tanah, yaitu cacing tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi efek manajemen residu kelapa sawit terhadap perbaikan kualitas tanah dan kerapatan akar di perkebunan kelapa sawit.

Penelitian dilaksanakan di PT. Sampoerna Agro Tbk, Kebun IPBD, Sumatera Selatan. Pengamatan akar dan cacing dilakukan pada kebun sawit umur 11 tahun. Perlakuan yang diuji adalah 3 jenis residu kelapa sawit yaitu: janjang kosong (JS), daun pelepah (DP), dan campuran janjang kosong dengan daun pelepah (JDP), dimasukkan ke dalam rorak (2m x 1,5m x 1m) dibandingkan dengan di luar rorak. Pengambilan contoh cacing tanah dilakukan dengan mengambil monolith tanah berukuran 50 cm x 50 cm pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Contoh akar dan cacing dipisahkan dari setiap potongan blok tanah dan ditetapkan: panjang total akar (root length density per soil volume, Lrv, satuan cm cm^{-3}), dan berat kering akar (*root dry weight per soil volume*, Drv, satuan g cm^{-3}), populasi cacing (ekor m^{-2}) dan biomassa cacing (g m^{-2}).

Nilai rata-rata hasil pengukuran akar menunjukkan bahwa total panjang akar (Lrv) dan berat kering akar (Drv) di luar rorak lebih besar daripada di dalam rorak, masing-masing sebesar 0.29 cm cm^{-3} dan 0.002 g cm^{-3} dibandingkan dengan 0.19 cm cm^{-3} dan 0.0012 g cm^{-3} . Penambahan bahan organik akan menambah kandungan $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$ dan total N di dalam tanah yang akan meningkatkan perakaran (Lrv, $R^2=0,7444$ dan Drv, $R^2=0,4762$). Peningkatan kerapatan perakaran sawit terutama di lapisan bawah sangat dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi serapan air dan hara, sehingga adaptasi tanaman sawit terhadap kekeringan semakin meningkat. Hubungan jumlah dan biomassa cacing tanah dengan total C organik lemah (jumlah cacing, $R^2=0,2245$ dan biomassa, $R^2=0,1653$). Penambahan bahan organik tidak menambah jumlah cacing tanah, tetapi ukuran cacing yang ditemukan semakin besar (rata-rata B/P awal= $0,08 \text{ g ekor}^{-1}$ menjadi $0,18 \text{ g ekor}^{-1}$), kondisi tersebut berpotensi besar untuk meningkatkan ukuran pori makro dan infiltrasi tanah, sehingga meningkatkan daya adaptasi tanaman sawit terhadap kekeringan.

SUMMARY

Dinery Qiara Lingga. 145040200111138. Application of Oil Palm Residues Into Infiltration Pit to maintain Earthworm population density and Root biomass of Oil Palm. Supervised by Kurniatun Hairiah and Rika Ratna Sari

One effort that has been applied by the palm oil plantation to overcome the drought problem and lack of nutrients is by returning the harvest residue to the soil. The pruned palm fronds usually are placed in frond stack line and applied it into infiltration pit. Maintaining soil organic matter will improve the root density of oil palm and the population density of soil macrofauna such as earthworms. The purpose of this study is to evaluate the management effects of oil palm residues on improving soil quality as shown by population density of earthworm and root density in oil palm plantations.

The research was carried out at PT. Sampoerna Agro Tbk, IPBD site, South Sumatra. Observations of roots and earthworms were carried out at 11-year-old oil palm plantations. The treatments tested was 3 types of oil palm residues: empty fruit bunch (EFB), palm fronds (PF), and a mix of EFB+PF, applied into an infiltration pit (2m x 1.5m x 1m) compared to the residues applied on soil surface outside infiltration pit. Sampling of earthworms is done by taking a soil monolith-sized 50 cm x 50 cm at a soil layer of 0-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm. The measurements includes root length density per soil volume (Lrv, cm cm⁻³), and root dry weight (Drv, g cm⁻³), worm population density (indiv.m⁻²) and it's biomass (g m⁻²).

Results the study showed that Lrv and Drv at outside infiltration pit was greater than found inside the pit, that are 0.29 cm cm⁻³ and 0.002 g cm⁻³ compared to 0.19 cm cm⁻³ and 0.0012 g cm⁻³, respectively. The addition of organic material will add to the content of C_{org}/C_{ref} and total N in the soil which will increase rooting (Lrv, R² = 0,7444 and the Drv, R² = 0,4762). The increased density of palm especially rooting at the lower layer is needed to improve the efficiency of water and nutrient absorption, palm plant adaptation to drought. Relationship between the number and biomass of earthworms with organic total C is weak shown by R² = 0.2245 and R² = 0.1653. The addition of organic matter in this study site did not increase the number of earthworms, but the earthworm size found is greater (the average ratio of Biomass/Number of worms = 0.08 g/indiv. increased to 0.18 g/indiv.), this condition increase the potential of increasing soil macroporosity and infiltration, thus increasing the adaptability of oil palm plants to drought.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul "Penambahan Residu Kelapa Sawit Ke Dalam Rorak Untuk Memperbaiki Kerapatan Cacing Tanah dan Akar Tanaman Kelapa Sawit". Merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada PT. Sampoerna Agro Tbk yang telah mempercayai tim mahasiswa untuk menjalankan proyek kerjasama antara Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Brawijaya dengan PT. Sampoerna Agro Tbk. Penulis mengucapkan terimakasih Kepada Bapak Ruli Wandri selaku pembimbing lapang, Ibu Sherly, dan seluruh tim Agronomy Research yang telah membantu proses pelaksanaan, dan memfasilitasi kebutuhan penelitian sampai dengan selesai. Tidak lupa pula penulis ucapkan terimakasih banyak kepada Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph. D selaku pembimbing utama, yang telah memberikan ide dan tugas proyek kepada saya, memberikan semangat, dan saran setiap saat pada proses penelitian maupun penyusunan skripsi. Kepada Ibu Rika Ratna Sari, SP., MP selaku pembimbing kedua dan Mbak Eka yang memberikan saran dan masukan agar proses olah data dan penulisan skripsi dapat berjalan dengan baik. Terkhusus untuk kedua orang tua dan adik, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa yang tiada henti kepada penulis agar terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian yang dituangkan dalam bentuk tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan dapat memberikan beberapa informasi yang dapat dipergunakan dengan bijak.

Malang,

Penulis

Dinery Qiara Lingga

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Rambung Merah pada tanggal 29 Oktober 1996 sebagai putri pertama dari dua bersaudara dari Bapak Rudyanto Lingga dan Ibu Basriati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 095553 Huta 1 PPM Marihat pada tahun 2004 sampai 2009. Kemudian penulis melanjutkan ke SMP Negeri 11 Pematangsiantar pada tahun 2009 sampai 2011. Pada tahun 2011 sampai 2014 penulis melanjutkan sekolah ke SMA Negeri 3 Pematangsiantar. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi *coordinator* divisi konsumsi di acara PASCA GATRAKSI 2016.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2. Pertanyaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.4. Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. Sumber Bahan Organik	Error! Bookmark not defined.
2.2. Fungsi Bahan Organik	Error! Bookmark not defined.
2.3. Morfologi Akar Kelapa Sawit	Error! Bookmark not defined.
2.4. Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	Error! Bookmark not defined.
2.5. Faktor yang Mempengaruhi Perakaran	Error! Bookmark not defined.
2.6. Syarat Hidup Makrofauna Tanah	Error! Bookmark not defined.
2.7. Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Cacing Tanah	Error! Bookmark not defined.
2.8. Fungsi Cacing Tanah	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Waktu dan Tempat	Error! Bookmark not defined.
3.2. Kondisi Umum Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.4. Rancangan Percobaan	Error! Bookmark not defined.
3.5. Tahapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.6. Variabel Pengamatan	Error! Bookmark not defined.
3.7. Pelaksanaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.8. Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1. Karakteristik Lahan Sebelum Aplikasi Perlakuan	Error! Bookmark not defined.
4.2. Karakteristik Lahan Setelah Aplikasi Perlakuan	Error! Bookmark not defined.
4.3. Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
V. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Skema permasalahan yang dihadapi di lapangan.... Error! Bookmark not defined.	
2	Diagram sistem perakaran tanaman kelapa sawit dewasa..... Error! Bookmark not defined.	
3	Skema pengambilan contoh perakaran kelapa sawit dan cacing. Error! Bookmark not defined.	
4	Pengukuran suhu tanah di kedalaman 20 cm Error! Bookmark not defined.	
5	Proses pengambilan contoh tanah untuk pengamatan.... Error! Bookmark not defined.	
6	Proses pengamatan akar kelapa sawit. Error! Bookmark not defined.	
7	Rata-rata Curah hujan bulanan pada tahun 2013-2017 .. Error! Bookmark not defined.	
8	Curah hujan bulanan pada tahun 2017 Error! Bookmark not defined.	
9	Rata-rata suhu tanah di luar rorak selama penelitian Error! Bookmark not defined.	
10	Persentase masa partikel tanah pada berbagai kedalaman tanah Error! Bookmark not defined.	
11	Populasi dan biomassa cacing tanah di luar rorak .. Error! Bookmark not defined.	
12	Rata-rata Nisbah B/P cacing tanah sebelum dan sesudah aplikasi berbagai jenis bahan organik Error! Bookmark not defined.	
13	Total panjang akar (Lrv) sebelum dan sesudah aplikasi bahan organik di berbagai kedalaman..... Error! Bookmark not defined.	
14	Berat kering akar (Drv) sebelum dan sesudah bahan organik..... Error! Bookmark not defined.	
15	Rata-rata specrol akar kelapa sawit sebelum dan sesudah aplikasi.... Error! Bookmark not defined.	
16	Hubungan parameter pengamatan dilihat dari analisis biplot Error! Bookmark not defined.	
17	Hubungan C-organik dengan populasi cacing tanah Error! Bookmark not defined.	
18	Hubungan C-organik dengan biomassa cacing tanah Error! Bookmark not defined.	
19	Hubungan C-organik dengan Lrv (total Panjang akar) ... Error! Bookmark not defined.	
20	Hubungan C-organik dengan Drv (Berat kering akar).... Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Rata-rata karakteristik tanah di luar dan di dalam rorak Error! Bookmark not defined.	
2	Rata-rata karakteristik tanah sebelum aplikasi perlakuan di berbagai kedalaman berbeda..... Error! Bookmark not defined.	
3	Rata-rata panjang akar (Lrv) dan berat kering akar (Drv) Error! Bookmark not defined.	
4	Rata-rata karakteristik tanah setelah aplikasi perlakuan Error! Bookmark not defined.	



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Hasil analisis keragaman karakteristik tanah sebelum aplikasi Error! Bookmark not defined.	
2	Hasil analisis keragaman kerapatan akar sebelum aplikasi..... Error! Bookmark not defined.	
3	Hasil analisis keragaman karakteristik tanah setelah aplikasi..... Error! Bookmark not defined.	
4	Kerapatan Perakaran Kelapa Sawit..... Error! Bookmark not defined.	

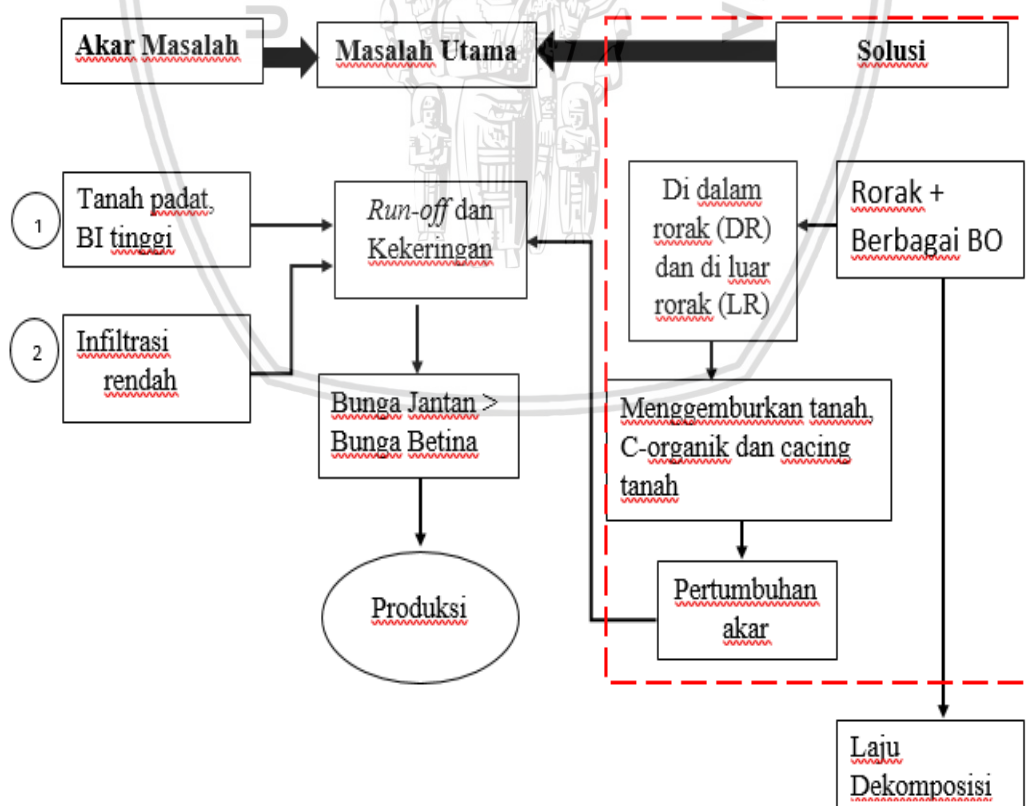




I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Tanaman kelapa sawit saat ini telah banyak dikembangkan di Indonesia. Pengembangan kelapa sawit secara luas di Indonesia disebabkan karena salah satu tanaman perkebunan yang menyumbangkan devisa negara dalam jumlah yang cukup besar. PT. Sampoerna Agro Tbk, Mesuji, Sumatra Selatan adalah salah satu yang bergerak di bidang perkebunan kelapa sawit, dan terletak pada wilayah dengan pola hujan monsoon yang berbeda jelas antara musim penghujan dan musim kemarau, sehingga produksi sawit yang diperoleh sangat bervariasi. Hal ini mempengaruhi ketersediaan air di dalam tanah pada saat musim kemarau dan penghujan. Pada musim kemarau, air yang tersedia sangat rendah dan menyebabkan produktivitas menurun, begitu pula sebaliknya. Penurunan produktivitas tanaman kelapa sawit juga disebabkan karena sebaran akar tanaman kelapa sawit yang dangkal. Alur permasalahan yang berkembang di lapangan disajikan secara skematis dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema permasalahan yang dihadapi di lapangan beserta dengan solusinya

Beberapa tempat di PT. Sampoerna Agro Tbk, Mesuji, Sumatra Selatan, memiliki tanah yang bertekstur liat dan banyak ditemui plintit dengan total C-organik sebesar 1,1% (Sudiyanto, 2016). Berdasarkan laporan hasil pengamatan yang dilakukan oleh Pasaribu (2016), porositas tanah di PT. Sampoerna Agro Tbk tidak bermasalah untuk pertumbuhan akar tanaman, namun kenyataannya di lapangan kerapatan akar kelapa sawit tergolong rendah. Kerapatan akar sawit pada tanah berliat lebih tinggi dari pada di tanah liat berplintit dan di berpasir, terutama di lapisan tanah 0-15 cm. Nilai rata-rata total panjang akar (Lrv) dalam tanah berliat rata-rata $0,80 \text{ cm cm}^{-3}$, dan total berat masa akar (Drv) rata-rata $0,004 \text{ g cm}^{-3}$, sedang di tanah berplintit dan berpasir kira-kira 50%-60% lebih rendah (Utami, 2016). Tingkat kerapatan perakaran sawit yang rendah didapat juga pada tanah lempung berliat di Kumai di wilayah perkebunan sawit PT. Astra Agro Lestari, diperoleh Lrv berkisar $0,07 \text{ cm cm}^{-3}$ - $0,94 \text{ cm cm}^{-3}$ dan Drv berkisar antara $0,0002 \text{ g cm}^{-3}$ - $0,0049 \text{ g cm}^{-3}$. Namun demikian kerapatan perakaran kelapa sawit lebih tinggi di tanah lempung berpasir, Lrv kelapa sawit berkisar antara $0,06$ - $6,71 \text{ cm cm}^{-3}$ dan Drv rata-rata $0,0002$ - $0,018 \text{ g cm}^{-3}$. Pada umumnya kerapatan akar tanaman yang efektif untuk mencapai serapan air dan hara yang optimal rata-rata Lrv antara $1,0$ - $1,5 \text{ cm cm}^{-3}$ (De Willigen dan Van Noordwijk, 1997).

Selain tanah yang beliat dan berplintit, permasalahan perakaran ini juga terjadi akibat dari sifat tanah di daerah PT. Sampoerna Agro Tbk, Mesuji, Sumatra Selatan, yang pada umumnya adalah tanah masam yang kurang subur, seperti Ultisol dan Inceptisol dengan kadar C-organik tanah yang rendah, rata-rata 2,0% di lapisan tanah 0-10 cm, dan hanya 0,6% di lapisan 10-40 cm (Sudiyanto, 2016). Salah satu kunci keberhasilan produksi tanaman sawit adalah bergantung kepada kesehatan tanah, atau kualitas tanahnya. Menurut Hairiah *et al.* (2010), tingkat kesehatan tanah yang rendah pada kebun kelapa sawit ditandai dengan tingkat kepadatan tanah yang tinggi ($\text{BI} > 1.2 \text{ g/cm}^3$), warna tanah pucat dengan kandungan yang rendah ($\text{C}_{\text{organik}} < 2\%$), populasi cacing tanah rendah ($< 60 \text{ ekor/m}^2$), kedalaman efektif perakaran yang dangkal dan konsentrasi unsur beracun seperti Al, Fe dan Mn yang tinggi.

Pada tanah masam, tanaman akan mengalami keracunan Al, sehingga pertumbuhannya tidak akan optimal, khususnya pada akar. Terbatasnya penyebaran akar menyebabkan jumlah unsur hara dan air yang dapat dijangkau oleh akar semakin sedikit. Kondisi tanah masam yang memiliki kesuburan tanah rendah dapat berpengaruh terhadap populasi cacing tanah. Menurut Wibowo (2015), penyebaran bahan organik di dalam tanah sangat mempengaruhi distribusi cacing tanah. Tanah yang miskin bahan organik tidak dapat menampung jumlah cacing yang banyak.

Saat ini, pengelolaan ataupun manajemen yang dilakukan oleh PT. Sampoerna Agro di Mesuji adalah dengan mengembalikan daun dan pelepah sawit yang dipangkas dengan cara menumpukkan di dalam jalur gawangan mati serta dengan membuat rorak diantara pohon kelapa sawit dan diisi dengan janjang kosong sawit. Tujuan pembuatan rorak pada umumnya adalah untuk menahan, menjebak dan meresapkan air dan menampung partikel tanah yang relative subur yang terangkut oleh aliran permukaan. Apabila ditinjau secara biologi, maka penimbunan janjang kosong di dalam rorak dapat memperbaiki sifat biologi tanah, khususnya kehadiran cacing tanah dan memperbaiki perakaran tanaman. Hal ini dikarenakan tersedianya cukup bahan organik yang dapat mengundang kehadiran populasi cacing tanah, mengingat bahwa bahan organik digunakan sebagai sumber makanan bagi cacing tanah. Kehadiran cacing tanah tersebut dapat memperbaiki porositas tanah akibat perbaikan struktur tanah. Menurut Edwards (2004), ketika bahan organik dan tanah masuk ke dalam pencernaan cacing dan membentuk kotoran cacing, maka tanah akan lebih porous dan remah. Hal ini menunjukkan bahwa cacing tanah mampu memperbaiki sifat fisik tanah. Keadaan tanah yang jauh lebih baik (lebih gembur) akibat banyaknya kandungan bahan organik, akan menyebabkan tanah tersebut mudah untuk ditembus oleh akar. Menurut Udawatta dan Henderson (2004) dalam Prasetyo *et al.*, (2014), distribusi perakaran tanaman berkaitan erat dengan berat isi tanah.

Di era perubahan iklim ini, perbaikan pertumbuhan akar sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kapasitas adaptasi tanaman terhadap kekeringan, dan meningkatkan kekokohan tegakan batang. Peningkatan kerapatan perakaran sawit terutama di lapisan bawah sangat dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi

serapan air dan hara (*recovery efficiency*), khususnya N oleh kelapa sawit (Rowe *et al.*, 2005). Namun, evaluasi keefektifan upaya manajemen lahan secara biologi untuk perbaikan kualitas tanah perkebunan kelapa sawit masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan agar produksi sawit yang stabil di wilayah perkebunan PT. Sampoerna Agro dapat dipertahankan.

1.2. Pertanyaan Penelitian

1. Apakah pengembalian residu panen kelapa sawit ke dalam rorak dapat memperbaiki kualitas tanah dan kerapatan akar di perkebunan kelapa sawit?
2. Bagaimana hubungan populasi cacing tanah dan kerapatan akar kelapa sawit dengan peningkatan C-organik?

1.3. Tujuan

1. Mengevaluasi efek manajemen residu kelapa sawit terhadap perbaikan kualitas tanah dan kerapatan akar di perkebunan kelapa sawit
2. Mengevaluasi hubungan populasi cacing tanah dan kerapatan perakaran dengan kandungan total C-organik

1.4. Hipotesis

1. Pengembalian residu kelapa sawit ke dalam rorak dapat memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan perakaran kelapa sawit.
2. Kerapatan akar dan cacing tanah akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan C-organik di dalam tanah

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sumber Bahan Organik

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang bersumber dari sisa tanaman atau sisa binatang yang terdapat di tanah dan akan mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika dan kimia. Sumber utama bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun, dan buah yang akan mengalami dekomposisi dan akan terangkut ke lapisan bawah serta diinkorporasikan dengan tanah. Sumber sekunder bahan organik adalah fauna. Fauna terlebih dahulu harus menggunakan bahan organik tanaman setelah itu barulah menyumbangkan pula bahan organik. Sisa-sisa tanaman yang biasanya dapat menjadi sumber bahan organik pada perkebunan yang satu dengan yang lainnya akan bervariasi. Umur kelapa sawit akan mempengaruhi keragaman tumbuhan yang di bawah perkebunan kelapa sawit karena setiap fasenya memiliki pengelolaan yang berbeda. Jenis tumbuhan di bawah tanaman kelapa sawit antara lain rumput-rumputan, tumbuhan berdaun sempit, tumbuhan berdaun lebar yang dikelompokkan dalam gulma. Namun, ada juga tumbuhan leguminosa, baik yang tumbuh secara liar ataupun yang sengaja dibudidayakan (Purwantari *et al.*, 2015).

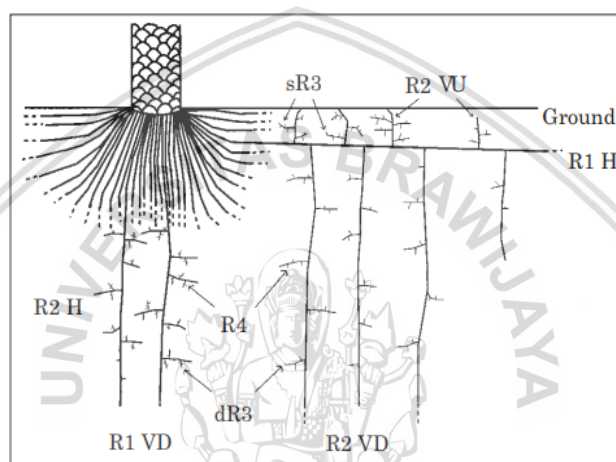
2.2. Fungsi Bahan Organik

Bahan organik selain berpengaruh terhadap pasokan hara tanah juga tidak kalah pentingnya terhadap sifat fisik, biologi, dan kimia tanah lainnya. Syarat tanah sebagai media tumbuh dibutuhkan kondisi fisik dan kimia yang baik. Keadaan fisik tanah yang baik adalah apabila tanah tersebut dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman dan mampu sebagai tempat aerasi dan lengas tanah, dan semuanya berkaitan erat dengan fungsi bahan organik. Fungsi bahan organik menurut Leiwakabessy *et al* (2003) dalam Rachman *et al* (2008), adalah untuk memperbaiki struktur tanah, menambah ketersediaan unsur N, P, dan S, serta meningkatkan kemampuan tanah untuk mengikat air, memperbesar kapasitas tukar kation, dan mengaktifkan mikroorganisme.

2.3. Morfologi Akar Kelapa Sawit

Akar sawit adalah bagian yang sangat penting untuk menunjang pertumbuhan tanaman karena fungsinya dalam penyerapan hara, air dan penopang

tegaknya tanaman (Widiastuti *et al.*, 2003). Kelapa sawit memiliki akar serabut. Perakarannya sangat kuat yang keluar dari pangkal batang, tumbuh ke bawah dan ke samping membentuk akar primer, sekunder, tersier, dan kuarter (Gambar 2). Akar primer kelapa sawit pada umumnya memiliki ukuran 5-7 mm, dimana pertumbuhannya dapat vertikal menuju kebawah dan horizontal ke samping. Akar primer akan bercabang dan membentuk akar sekunder dengan ukuran 1-5 mm. Akar sekunder bercabang dan membentuk akar tersier dengan ukuran 0,3-1,0 mm. Akar tersier akan bercabang membentuk akar kuarter dengan ukuran 0,1-0,3 mm (Jourdan *et al.*, 2000).



Gambar 1. Diagram sistem perakaran tanaman kelapa sawit dewasa (Keterangan: RI VD akar primer vertikal: RI H akar primer horisontal: RII VU akar sekunder vertikal ke atas: RII VD akar sekunder vertikal ke bawah: RII H akar sekunder horisontal: s RIII akar tersier superfisal: d RIII akar tersier dalam: dan RIV akar kuarterner (Jourdan, 2000)).

2.4. Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Pertumbuhan dan produksi kelapa sawit dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor dari luar maupun dari tanaman kelapa sawit itu sendiri. Dalam menunjang pertumbuhan kelapa sawit, maka kelapa sawit membutuhkan penyinaran yang baik, yaitu antara 5-7 jam/hari. Selain itu, tanaman kelapa sawit memerlukan curah hujan tahunan 1500-4000 mm, suhu optimal 24-28⁰ C, dengan ketinggian 1-500 mdpl. Kelembaban yang optimum yang baik untuk menunjang pertumbuhan kelapa sawit adalah sekitar 80-90% dan kecepatan angina 5-6 km/jam untuk membantu proses penyerbukan. Kelapa sawit mampu tumbuh optimal di tanah-tanah dengan Ph sekitar 5,0-5,5. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase (beririgasi) baik dan memiliki

lapisan solum
cukup dalam (80 cm) tanpa lapisan padas. Kemiringan lahan
pertanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari 15⁰ (Balai Besar Pengkajian
dan Pengembangan Teknologi Pertanian, 2008).

2.5. Faktor yang Mempengaruhi Perakaran

Akar adalah salah satu bagian tanaman yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan akar adalah bagian yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyerap nutrisi di dalam tanah. Sehingga, apabila tanah mengalami pemadatan, maka akar semakin sulit untuk melakukan penetrasi atau sulit untuk menembus tanah dan menyebabkan akar tidak dapat menyerap nutrisi lebih dalam lagi. Menurut Damanik (2007), makin tinggi tingkat kepadatan tanah maka makin berkurang persentase pori makro dan resistensi terhadap penetrasi akar akan makin meningkat. Nilai resistensi tanah akan semakin meningkat dengan bertambahnya kepadatan. Berpengaruhnya kepadatan tanah terhadap panjang akar dikarenakan panjang akar berhubungan dengan daya tembus akar terhadap tanah, sehingga jika tanah padat akar akan sulit untuk menembus tanah tersebut. Akibatnya, akar menjadi pendek. Perkembangan akar sangat dipengaruhi oleh keadaan tanah sebagai tempat tumbuhnya. Dalamnya penetrasi akar berkorelasi kuat dengan tingkat kepadatan tanah. Makin tinggi tingkat kepadatan tanah makin sulit tingkat penetrasi akar baik secara vertical, maupun horizontal (Haridjaja *et al.*, 2010).

Selain itu, kondisi tanah masam juga dapat mempengaruhi perakaran. Hal ini dikarenakan akar akan mengalami keracunan Al. Pada tanah masam kerapatan perakaran tanaman sering terhambat, karena adanya pembatas kimia: (a) Tingkat keracunan Al yang tinggi, (b) Ketersediaan unsur hara esensial terutama P dan basa-basa dipertukarkan yang rendah. Pada umumnya keracunan Al (bentuk monomerik) pada tanaman terjadi di bagian akar tanaman terutama di bagian ujung akar, dimana akar membengkok dan mudah patah sehingga akar tidak dapat berfungsi dengan sempurna dalam menyerap air dan hara (Hairiah, 1992).

2.6. Syarat Hidup Makrofauna Tanah

Peran makrofauna yang sangat penting dalam perombakan bahan organik, juga memerlukan syarat yang ideal agar dapat berlangsung dengan baik. Fauna

tanah memerlukan persyaratan tertentu untuk menjamin kelangsungan hidupnya. Struktur dan komposisi makrofauna tanah sangat tergantung pada kondisi lingkungannya. Makrofauna tanah akan lebih suka keadaan yang lembab dan memiliki banyak seresah yang dapat digunakan menjadi sumber makanannya ataupun tempat untuk berlindung dari matahari atau predator (Sugiyarto *et al.*, 2007). Peningkatan intensitas cahaya akan menyebabkan menurunnya jumlah individu makrofauna tanah. Hal ini menunjukkan bahwa makrofauna tanah cenderung tidak menyukai adanya cahaya, terutama dengan intensitas yang tinggi.

2.7. Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Cacing Tanah

Aktivitas hidup cacing tanah dalam suatu ekosistem tanah dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti: iklim (curah hujan, intensitas cahaya dan lain sebagainya), sifat fisik dan kimia tanah (temperatur, kelembaban, kadar air tanah, pH dan kadar organik tanah), nutrien (unsur hara) dan biota (vegetasi dasar dan fauna tanah lainnya) serta pemanfaatan dan pengelolaan tanah (Buckman, 1982). Selain itu, sumber bahan makanan, cara pengolahan tanah, seperti di daerah perkebunan dan pertanian turut mempengaruhi keberadaan dan distribusi cacing tanah. Kelembaban sangat berpengaruh terhadap aktifitas pergerakan cacing tanah karena sebagian tubuhnya terdiri atas air. Kekeringan yang lama dan berkelanjutan dapat menurunkan jumlah cacing tanah. Cacing tanah menyukai kelembaban sekitar 12,5-17,2 % (Agustini dan Maharani, 2016). Kelembaban tanah yang terlalu tinggi atau terlalu basah dapat menyebabkan cacing tanah berwarna pucat dan kemudian mati. Sebaliknya, bila kelembaban tanah terlalu kering, cacing tanah akan segera masuk ke dalam tanah dan berhenti makan serta akhirnya mati. Selain kelembaban, Ph tanah juga berpengaruh terhadap aktivitas cacing tanah. Cacing tanah sangat sensitif terhadap keasaman tanah, karena itu pH merupakan faktor pembatas dalam menentukan jumlah spesies yang dapat hidup pada tanah tertentu. Umumnya cacing tanah tumbuh pada ph sekitar 4,5-6,6, tetapi dengan bahan organik yang tinggi mampu berkembang di Ph 3 (Fender *et al.*, 1990).

2.8. Fungsi Cacing Tanah

Menurut Subowo (2011), cacing tanah dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas berdasarkan jenis makannya dan tempat hidupnya. Berdasarkan jenis makanannya, dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *Liter feeder*, adalah cacing tanah pemakan bahan organik, sampah organik, kompos dan pupuk hijau.
2. *Limifagus*, adalah cacing tanah pemakan tanah subur/*mud* atau tanah basah, dan
3. *Geofagus*, adalah cacing tanah pemakan tanah.:

Berdasarkan tempat hidupnya, cacing tanah dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *Epigeik*, adalah cacing tanah yang hidup dipermukaan tanah. Cacing tanah epigeik berperan dalam penghancuran seresah dan tranformasi bahan organik.
2. *Anesik*, adalah cacing tanah yang hidup di dalam lubang cacing. Cacing tanah jenis anesik berperan dalam penyebaran seresah ke lapisan tanah lebih dalam melalui lubang cacing yang dibuat.
3. *Endogeik*, adalah cacing tanah yang hidup dalam tanah dengan membuat lubang cacing terus-menerus. Cacing tanah endogeik memakan bahan organik termasuk akar mati di dalam tanah dan juga berperan mencampur seresah dari lapisan atas dengan lapisan bawah tanah. Kotoran cacing yang dikeluarkan memiliki kandungan karbon dan hara yang tinggi.

II. METODE PENELITIAN

1.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilakukan mulai dari 24 November 2017 hingga 16 Februari 2018 yang dilakukan di perkebunan kelapa sawit PT. Sampoerna Agro Tbk, Kecamatan Mesuji, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan di Kebun IPBD Blok 48 D dengan jenis tanah ultisol dan berplintit pada tanaman kelapa sawit dengan tahun tanam 2006.

1.2. Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah perkebunan kelapa sawit PT. Sampoerna Agro Tbk, di Kecamatan Mesuji, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Secara geografis, lokasi ini terletak pada 104, 20⁰ LU, 106, 00⁰ BT, dan 2,30⁰ BB hingga 4,15⁰ LS pada kisaran ketinggian 5-35 mdpl. Wilayah PT. Sampoerna Agro memiliki pola hujan moonson yang berbeda jelas antara musim penghujan dan musim kemarau. Curah hujan tahunan di wilayah ini adalah <3000 mm/tahun dan musim penghujan terjadi antara bulan November sampai April, sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan Mei sampai Oktober.

1.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *frame* ukuran 50 cm x 50 cm dan bahannya adalah residu kelapa sawit. Pengamatan akar dan cacing menggunakan alat dan bahan seperti cangkul, pisau tanah, hand counter, ayakan ukuran 2 mm. Bahan yang digunakan larutan formalin untuk pengawet cacing tanah yang ditemukan.

1.4. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang akan digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial (2 faktor) dengan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diuji adalah jenis residu kelapa sawit dan lokasi penempatan residu tersebut.

1. Faktor 1 (Jenis residu kelapa sawit)

Jenis residu kelapa sawit yang digunakan adalah:

1. Janjang kosong kelapa sawit (JS)
2. Daun pelepah kelapa sawit (DP)
3. Campuran jankos dan daun pelepah kelapa sawit (JS+DP)

2. Faktor 2 (lokasi pengamatan)

1. Di permukaan tanah dalam rorak (DR)
2. Di permukaan tanah di luar rorak (LR)

Aplikasi residu kelapa sawit yang dilakukan di dalam rorak maupun di luar rorak sesuai dengan dosis 20 ton/ha. Dengan perbandingan aplikasi janjangan kosong yang telah dilakukan sebelumnya di Kebun Surya Adi, yaitu dengan rorak ukuran 2,4 m² diaplikasikan 800 kg/rorak, maka untuk ukuran 3 m² dengan dosis 20 ton/ha diperoleh aplikasi bahan organik sebanyak 384,625 kg/rorak. Begitu pula dengan yang di luar rorak, yaitu sebanyak 384,625 kg. Masing-masing perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan. Pengamatan dilakukan pada awal dan akhir kegiatan pengamatan, yaitu sebelum dilakukan aplikasi bahan organik dan pada minggu ke-12. Jumlah titik contoh yang di dapat pada pengamatan adalah 3x2x3 = 18 titik contoh. Tetapi pada setiap titik dilakukan pengamatan pada 3 kedalaman, yaitu 0-10, 10-20, dan 20-30.

1.5. Tahapan Penelitian

1. Tahap pertama adalah pengumpulan data berupa kondisi lingkungan di daerah perkebunan kelapa sawit PT. Sampoerna Agro Tbk., yaitu menentukan jenis tanah, umur tanaman kelapa sawit yang sesuai.
2. Tahap kedua adalah survei lokasi penelitian dan menentukan titik pengamatan yang akan dilakukan
3. Tahap ketiga adalah melakukan pengamatan di titik pengamatan pada setiap perlakuan yang dilakukan. Kemudian pengambilan dan pengukuran parameter pengamatan
4. Tahap keempat adalah mengidentifikasi dan menganalisis data
5. Tahap kelima adalah penulisan laporan penilitan.

1.6. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

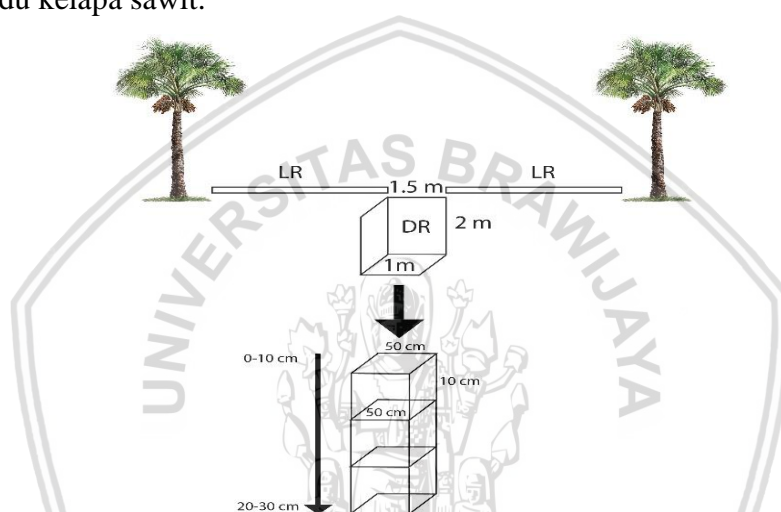
1. Karakteristik tanah: pH tanah, C-organik, total N, Berat Isi (pada awal dan akhir percobaan)
2. Kondisi lingkungan: suhu tanah selama percobaan (diukur tiga hari sekali pada pagi hari, siang hari, dan sore hari)

3. Cacing tanah: jumlah populasi per kedalaman, biomassa cacing tanah per kedalaman
4. Akar tanaman: panjang akar, dan berat kering akar.

1.7. Pelaksanaan Penelitian

1.7.1. Penentuan Lokasi Peletakan

Pengambilan contoh cacing tanah dan akar dilakukan di dalam rorak dengan ukuran 2 m x 1,5 m x 1 m. Sedangkan pengambilan contoh di luar rorak akan dilakukan langsung di permukaan tanah di antar pohon sawit yang ditutup oleh residu kelapa sawit.



Gambar 1. Skema pengambilan contoh perakaran kelapa sawit dan cacing tanah di luar rorak dan dalam rorak dengan kedalaman 0-10 cm, 20-30 cm, dan 20-30 cm (Keterangan: LR= Luar Rorak, DR= Dalam Rorak).

1.7.2. Pengukuran Parameter

Pengukuran parameter yang dilakukan adalah pengukuran pH, C-organik, N total, Berat Isi, Berat Jenis, suhu dan kelembaban.

1. pH

Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan alat pH meter ataupun dengan menggunakan indikator universal. Pengukuran pH yang dianggap paling teliti ialah dengan menggunakan metode elektrometrik dengan menggunakan pH meter di laboratorium. Perbandingan antara larutan dan tanah adalah 1 : 1 atau 2,5 : 1. Semakin tinggi perbandingan ini semakin tinggi pula nilai pH yang diperoleh dan sebaliknya. Kalau perbandingan ini terlalu rendah,

kontak antara larutan tanah dan elektroda tidak sempurna, akibatnya akan mengurangi ketelitian.

2. C-organik

Pengukuran C-organik dilakukan dengan metode Walkey and Black. Prinsip metode ini adalah bahan organik yang mudah teroksidasi dalam tanah mereduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2+}$ yang berlebihan. Reaksi ini berjalan dengan energi yang dihasilkan dari pencampuran dua bagian H_2SO_4 pekat dengan satu bagian $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dapat diketahui dari hasil titrasi dengan FeSO_4 yang diketahui Normalitasnya. Feroin 0,025 M sebagai petunjuk titik akhir merah anggur.

3. Analisis N (metode Kjeldah)

Analisis N dilakukan dengan metode Kjeldah yang dibagi dalam beberapa tahap, yaitu persiapan sampel, *digestion*, *distillation*, *titration*, dan *calculation*. Pengambilan sampel N dilakukan dengan cara mengkompositkan sampel tanah.

4. Suhu dan Kelembaban Tanah

Pengukuran suhu menggunakan thermometer dan dilakukan setiap 3 hari sekali selama masa penelitian, yaitu pada hari Selasa dan Jumat. Suhu tanah yang diukur dilakukan di 3 kedalaman, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm di luar rorak. Sedangkan di dalam rorak dilakukan pengukuran pada kedalaman 100-110 cm, 110-120 cm dan 120-130 cm. Pengukuran suhu tanah akan dihubungkan dengan kelembaban tanah. Apabila suhu tanah tinggi, maka kelembaban tanah rendah, dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 2. Pengukuran suhu tanah di kedalaman 20 cm dengan menggunakan termometer

5. Berat Isi

Pengukuran Berat Isi dilakukan dengan menggunakan balok berukuran 15 cm x 20 cm dengan ketebalan 10 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan di luar

rorak dan di dalam rorak dengan 3 kedalaman. Akar dan bebatuan dipisahkan dari tanah dan dihitung volumenya.

1.7.3. Pengamatan

Pengamatan yang akan dilakukan adalah perakaran dan cacing tanah. Pengamatan dilakukan dengan cara mengambil contoh tanah dengan frame ukuran 50 x 50 x 10 cm dan dengan kedalaman yang berbeda, yaitu 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Contoh tanah akan diayak dengan ayakan 2 mm. Selanjutnya, cacing tanah dan akar yang ditemukan akan dianalisis.



Gambar 3. Proses pengambilan contoh tanah untuk pengamatan cacing dan akar
 (1) Proses penggalian contoh tanah dengan menggunakan *frame* ukuran 50 x 50 x 10 cm (2) Contoh tanah yang akan diamati cacing dan akar (3) pemisahan akar dan cacing (4) cacing tanah yang ditemukan di dalam contoh tanah yang diambil (5) akar dan cacing tanah yang ditemukan yang sudah dimasukkan ke dalam plastik yang berbeda (6) cacing tanah yang ditemukan akan ditimbang dan dihitung jumlahnya.

Pengamatan perakaran akan diamati dengan menggunakan kertas grafik, apabila akar tersebut sudah di bersihkan terlebih dahulu dengan air. Kemudian akan diukur panjang akar menggunakan kertas grafik yang dilapisi oleh kaca berukuran 25 x 25 cm. berat massa total akar akan diukur dengan melakukan pengovenan kemudian ditimbang. Adapun rumus panjang dan berat total akar adalah sebagai berikut:

$$\text{Panjang akar sub contoh (LrV-sub)} = \pi \{(H+V) D\} / 4$$

Panjang akar (Lrv_{tot}) = (TotBK / Bk sub) x Lrvsub

Berat massa akar (Drv) = ((Bbtot / Bbsub) x Lrv sub) x 2000)



Gambar 4. Proses pengamatan akar kelapa sawit (1) Akar yang telah dibersihkan akan ditimbang dan dicatat berat basah (2) pemilihan sub sampel dan kemudian sub sampel ditimbang (3) sub sampel yang telah dipotong sepanjang 2 cm akan dihitung panjang horizon dan vertikal dengan menggunakan kertas grafik, selanjutnya sampel dan subsample akan dioven.

1.8. Analisis Data

Data yang diperoleh dari lapangan akan dilihat variasi datanya kemudian dilakukan uji ANOVA. Analisis data dilakukan dengan menggunakan program pengolah data *GenStat*. Setelah dilakukan uji ANOVA, maka data yang berpengaruh nyata akan di uji lanjut DMRT. Selanjutnya dilakukan korelasi beberapa parameter yang ingin diketahui hubungannya. Apabila hasil korelasi menunjukkan adanya hubungan, maka dilakukan regresi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan sebab akibat dari parameter tersebut.

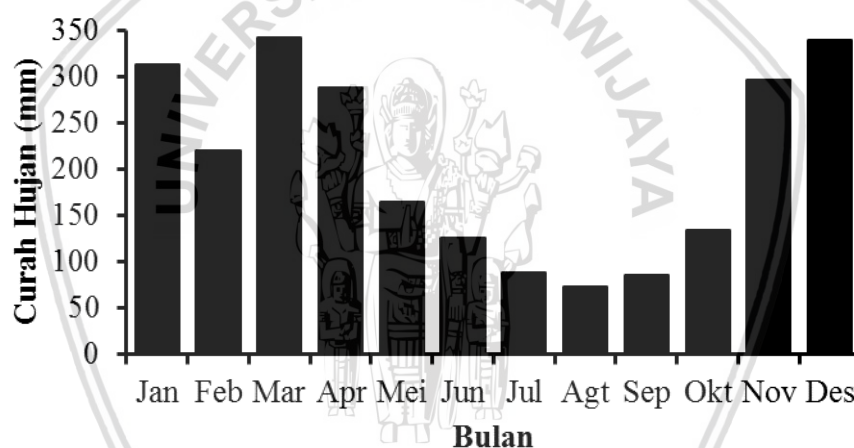
II. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Lahan Sebelum Aplikasi Perlakuan

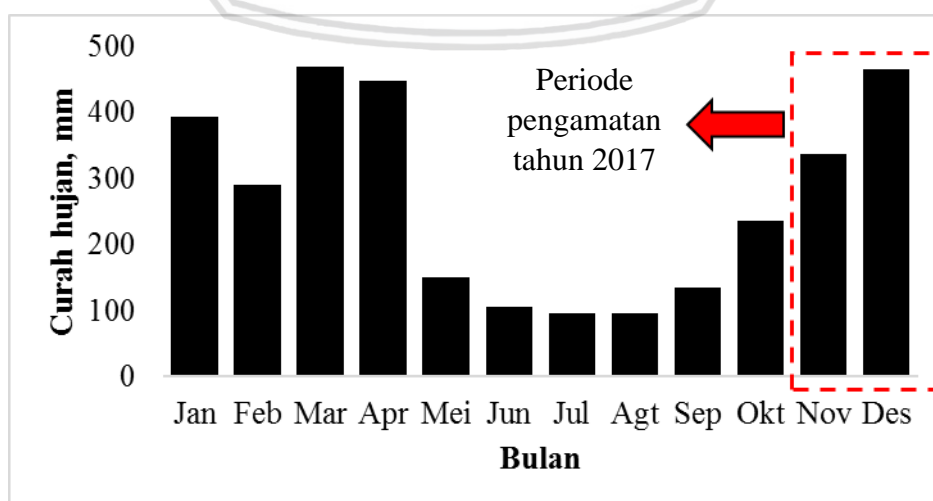
4.1.1. Iklim

a. Curah hujan

Pada 5 tahun terakhir, iklim di PT. Sampoerna Agro, tepatnya di kebun IPBD memiliki rata-rata curah hujan tahunan 2470 mm/tahun, dengan hari hujan rata-rata sebesar 121 hari/tahun. Bulan kering setiap tahunnya terjadi antara bulan Mei sampai Oktober, sedangkan bulan basah antara bulan November sampai April. Dikatakan bulan kering apabila rata-rata curah hujan < 200 mm, dan bulan basah apabila > 200 mm (Klasifikasi Oldeman). Curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli, yaitu sebesar 88 mm, dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember, yaitu sebesar 338,6 mm.



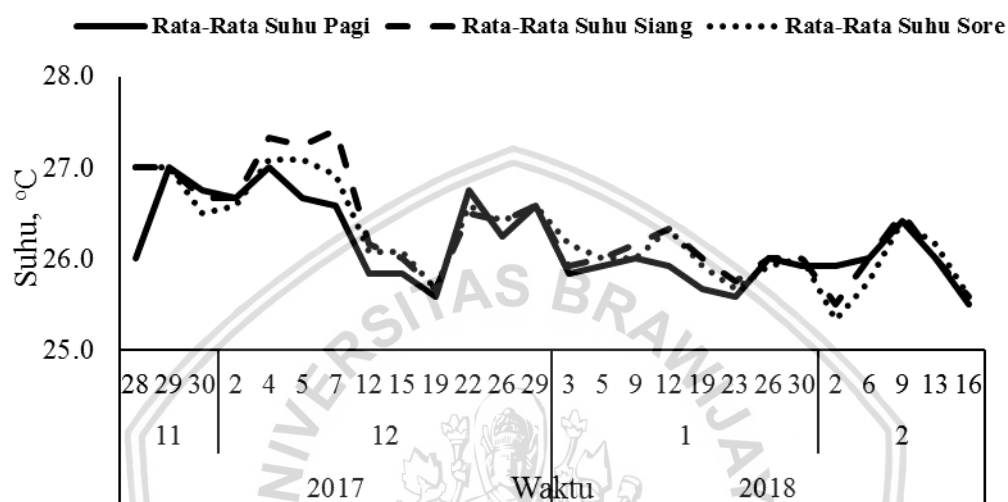
Gambar 1. Rata-rata Curah hujan bulanan pada tahun 2013-2017



Gambar 2. Curah hujan bulanan pada tahun 2017

b. Suhu tanah

Pengukuran suhu tanah dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari di luar rorak. Sedangkan di dalam rorak tidak dilakukan pengukuran karena rorak tergenang air. Rata-rata suhu tertinggi terjadi pada siang hari yaitu 27,4 °C dan suhu terendah terjadi pada pagi hari yaitu 25,3 °C. Rata-rata suhu terendah terjadi pada bulan Januari dan Februari 2018 karena curah hujan tinggi.



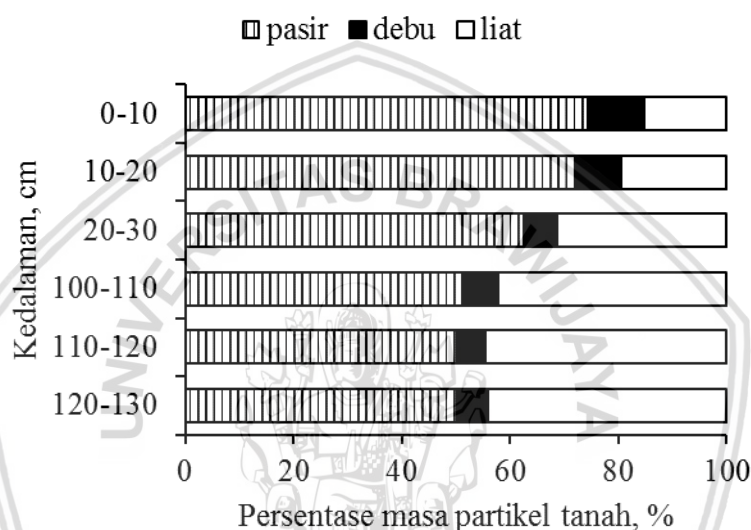
Gambar 3. Rata-rata suhu tanah di luar rorak selama penelitian

4.1.2. Kondisi Tutupan Tanah

Jumlah kelapa sawit di Kebun IPBD adalah 135 pohon/ha. Tumbuhan bawah yang ada ditemukan adalah jenis pakis-pakisan, anakan dari jenis tanaman kayu-kayuan dan rerumputan. Menurut Sudiyanto (2016), tanaman bawah pada tanah berliat+plintit di pohon kelapa sawit umur 9 tahun memiliki tumbuhan bawah yang paling rendah dibandingkan dengan tanah berliat saja, yaitu sebesar 1,90 g/m². Sedangkan untuk nekromassa banyak berasal dari pelepah kelapa sawit dan tonggak atau ranting anakan kayu. Nekromassa paling banyak berada di zona gawangan mati. Hal ini dikarenakan manajemen bahan organik yang ada di kebun tersebut berupa aplikasi janjangan kosong dengan dosis 40 ton/ha atau setara dengan 300 kg/pohon. Selain itu, dilakukan juga dengan pemangkasan pelepah yang di peroleh melalui *prunning* dan panen yang disusun di zona gawangan mati. Jenis tutupan tanah di berbagai zona sangat berbeda-beda. Tumbuhan bawah paling banyak di zona antar pokok, yaitu sebesar 27%, seresah halus terendah di zona piringan dan diikuti dengan jalan setapak, yaitu sebesar 12% dan 15% (Sudiyanto, 2016).

4.1.3. Karakteristik Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan kelas tekstur, tanah berliat+berplintit memiliki perbandingan patikel liat sebesar 32, 81%, partikel pasir sebesar 60,05%, dan partikel debu sebesar 7,14% dan terdapat konsentrasi redoks berwarna merah gelap, dan keras. Partikel liat mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman tanah. Pada kedalaman 0-10 cm, kandungan partikel liat sebesar 15,14% dan pada kedalaman 120-130 menjadi 44, 07%. Tanah ini termasuk kelas tekstur liat berpasir.



Gambar 4. Persentase masa partikel tanah pada berbagai kedalaman tanah

Selain tekstur, ada beberapa parameter yang diamati untuk melihat karakteristik tanah di lokasi penelitian, yaitu seperti tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Rata-rata karakteristik tanah di luar dan di dalam rorak sebelum aplikasi perlakuan

Parameter	Luar Rorak	Dalam Rorak
pH H ₂ O	4,2	4,2
pH KCl	4,1	4,0
C-organik (%)	1,6	1,4
C _{org} /C _{ref}	0,6	0,1
Total N (%)	0,10	0,03
Berat Isi (g cm ⁻³)	1,2	1,4

Tanah yang ada di lokasi penelitian adalah tanah masam dengan rata-rata pH 4,2. Kandungan C_{org}/C_{ref} dan total N tergolong sangat rendah (Pusat penelitian tanah, 1983). pH, C-organik, C_{org}/C_{ref}, dan total N mengalami perbedaan yang

jelas antar posisi ($p < 0,05$). Semakin dalam, tanah akan semakin padat dan kandungan kimia tanah semakin rendah (Lampiran 1). Sehingga kandungan C-organik, C_{org}/C_{ref} , dan total N mengalami penurunan yang nyata antar kedalaman ($p < 0,05$).

Tabel 2. Rata-rata karakteristik tanah sebelum aplikasi perlakuan di berbagai kedalaman berbeda

Kedalaman (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	C-organik (%)	C_{org}/C_{ref} (%)	Total N (%)	Berat Isi (g cm ⁻³)
0-10	4,22	4,11	2,5	1,0	0,15	1,11
10-20	4,32	4,11	1,5	0,6	0,09	1,22
20-30	4,16	4,06	0,9	0,3	0,06	1,28
100-110	4,23	3,98	0,4	0,1	0,03	1,52
110-120	4,15	3,96	0,4	0,1	0,03	1,33
120-130	4,19	3,97	0,3	0,1	0,03	1,26
s.e.d	0,0762	0,0295	0,13	0,06	0,00518	0,0481

4.1.4. Cacing Tanah dan Akar Tanaman Sawit

Cacing tanah yang ditemukan hanya di luar rorak kedalaman 0-10 cm. Sedangkan di dalam rorak tidak ada ditemukan. Rata-rata jumlah cacing tanah yang ditemukan sebanyak 4 ekor m⁻² dengan biomassa 0,8 g m⁻². Populasi cacing ini tergolong rendah. Menurut Hairiah et al (2013), salah satu indikator kualitas tanah perkebunan sawit yang baik adalah apabila jumlah cacing tanah sebanyak 60 ekor m⁻². Kehadiran cacing tanah berpotensi besar untuk meningkatkan pori makro sehingga penetrasi akar akan lebih mudah. Posisi dan kedalaman tanah memberikan pengaruh nyata terhadap kerapatan akar ($p < 0,05$). Panjang dan berat kering akar di luar rorak dan di dalam rorak berbeda setiap kedalaman (Lampiran 2). Berikut adalah rata-rata panjang (Lrv), berat kering (Drv) dan specrol akar.

Tabel 3. Rata-rata panjang akar (Lrv) dan berat kering akar (Drv) di berbagai kedalaman

Kedalaman (cm)	Lrv (cm cm ⁻³)	Drv (g cm ⁻³)	Specrol
0-10	0,19	0,0012	156,04
10-20	0,15	0,0037	45,42
20-30	0,08	0,0014	64,73
100-110	0,03	0,0002	186,14
110-120	0,03	0,0002	175,02
120-130	0,03	0,0002	203,60
s.e.d	0,00504	0,000149	17,45

Semakin dalam, ukuran akar akan semakin halus. Berat kering akar dan ukuran akar di luar rerak kedalaman 0-10 cm lebih rendah dan lebih halus dibandingkan kedalaman 10-20 cm karena sebaran akar di kedalaman 0-10 cm lebih banyak akar tersier. Menurut Nazari et al (2012), sebaran akar tersier dan kwarter dominan dalam arah horizontal antara 2,5 m – 4, 0 m dari piringan batang dengan kedalaman maksimum 0.3 m. Sedangkan akar sekunder umumnya berada pada kedalaman antara 0.3 m - 0.5 m dan sebagian kecil muncul ke permukaan.

4.2. Karakteristik Lahan Setelah Aplikasi Perlakuan

4.2.1. Karakteristik Tanah

Setelah aplikasi bahan organik selama 3 bulan, karaktersitik tanah mengalami perubahan meskipun hanya sedikit (Tabel 5).

Tabel 4. Rata-rata karakteristik tanah setelah aplikasi perlakuan di berbagai kedalaman

Kedalaman (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	C-organik (%)	C _{org} /C _{ref} (%)	Total N (%)	Berat Isi (g cm ⁻³)
0-10	4,84	4,20	2,2	0,9	0,15	1,11
10-20	4,77	4,14	1,3	0,5	0,09	1,22
20-30	4,75	4,10	0,8	0,3	0,06	1,28
100-110	4,57	4,08	0,4	0,1	0,03	1,52
110-120	4,56	4,04	0,3	0,1	0,03	1,33
120-130	4,59	4,01	0,3	0,1	0,03	1,26
Rata-rata	4,7	4,1	0,9	0,3	0,1	1,3
s.e.d	0,0263	0,0776	0,0724	0,0299	0,00539	0,0506

Setelah penambahan bahan organik, kepadatan tanah tidak mengalami perubahan. Semakin dalam, tanah akan semakin masam. Rata-rata pH_{H₂O} dan pH_{KCl} mengalami kenaikan menjadi 4,7 dan 4,1. Peletakan jenis bahan organik di dalam dan di luar rerak dengan kedalaman yang berbeda memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pH_{KCl}, tetapi tidak dengan pH_{H₂O} yang hanya dipengaruhi secara nyata ($p < 0,05$) oleh posisi (Lampiran 3a). pH sangat penting digunakan untuk menentukan apakah unsur-unsur hara mudah diserap tanaman atau tidak. Biasanya unsur hara mudah diserap tanaman pada pH sekitar netral karena pada pH tersebut unsur hara mudah larut dalam air dan mikroorganisme yg bermanfaat bagi tanah dapat berkembang baik (Hardjowigeno, 2007).

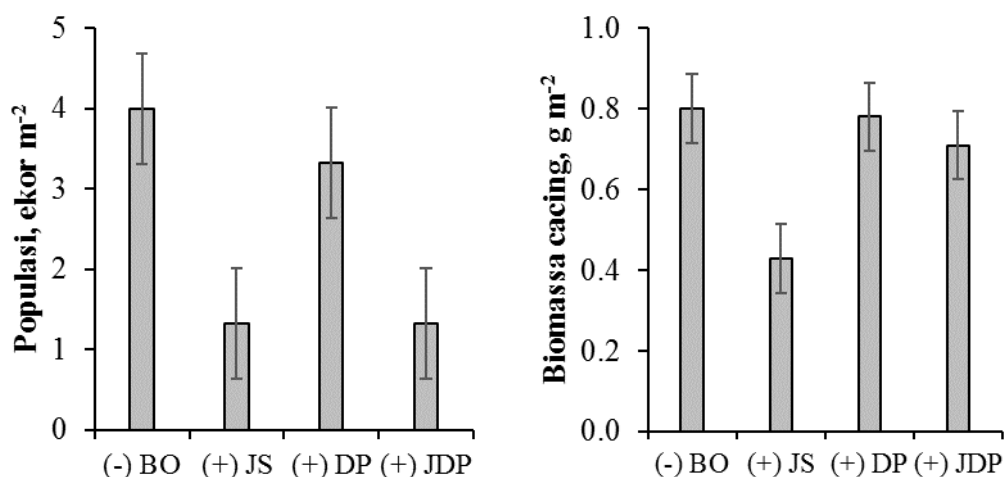
Sedangkan untuk kandungan C_{org} dan C_{org}/C_{ref} tidak memberikan perubahan yang jelas. Jenis bahan organik yang digunakan tidak memberikan

perbedaan yang nyata, tetapi posisi dan kedalaman memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan C_{org} dan C_{org}/C_{ref} (Lampiran 3b). Kandungan total N di dalam tanah mengalami peningkatan dibandingkan sebelumnya meskipun tidak signifikan. Peletakan bahan organik di dalam dan luar rorak dengan kedalaman yang berbeda berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kandungan total N (Lampiran 3c).

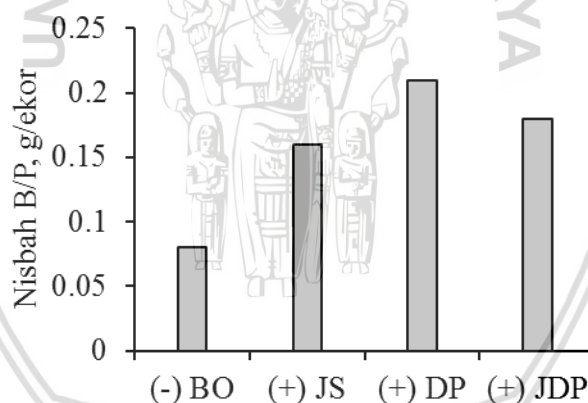
4.2.2. Cacing Tanah

Peletakan bahan organik di dalam dan di luar rorak memberikan jumlah dan biomassa cacing yang berbeda ($p < 0,05$) (Lampiran 3d). Cacing yang ditemukan hanya di luar rorak kedalaman 0-10 cm dan jumlah cacing mengalami penurunan. Pengambilan sampel cacing saat awal pengamatan berada pada kondisi curah hujan yang lebih kecil dibandingkan pada saat akhir pengamatan. Awal pengamatan yaitu awal bulan November 2017 curah hujan sebesar 337 mm. Setelah 1 bulan aplikasi perlakuan yaitu bulan Desember curah hujan sebesar 466 mm yang menyebabkan rorak tergenang dan tanah menjadi lebih lembek. Cacing tanah tidak menyukai kondisi jenuh air dan peka radiasi sinar ultra violet, sehingga setelah hujan lebat di pertengahan hari cacing di permukaan tanah menjadi mati (Hanafiah, 2013).

Beda halnya dengan biomassa per individu yang mengalami kenaikan. Artinya cacing yang ditemukan ukurannya lebih besar dibandingkan pada saat awal pengamatan. Rata-rata cacing yang ditemukan sebanyak 2 ekor m^{-2} dengan biomassa 0,8 g m^{-2} . Nisbah B/P tertinggi terletak pada aplikasi daun pelepah (DP) yang diikuti dengan campuran janjangan kosong daun pelepah (JDP) dan janjangan kosong (JS) dengan rata-rata berturut-turut sebesar 0,21 g/ekor; 0,18 g/ekor; dan 0,16 g/ekor. Jenis bahan organik tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap jumlah cacing, dan apabila di uji kontras aplikasi janjang kosong dan daun pelepah menunjukkan kecenderungan berpengaruh nyata ($p < 0,2$) terhadap jumlah cacing (Lampiran 3e).



Gambar 5. Populasi dan biomassa cacing tanah di luar rorak kedalaman 0-10 cm (Keterangan: (-)BO=Sebelum aplikasi bahan organik, (+)=setelah penambahan, JS=janjang kosong, DP=daun pelepah, JDP=campuran janjang kosong dan daun pelepah; Populasi, s.e.d= 2,434 untuk sebelum aplikasi bahan organik dan s.e.d= 0,753 untuk setelah aplikasi bahan organik; Biomassa, s.e.d= 0,545 untuk sebelum aplikasi bahan organik dan s.e.d= 0,303 untuk setelah aplikasi bahan organik)

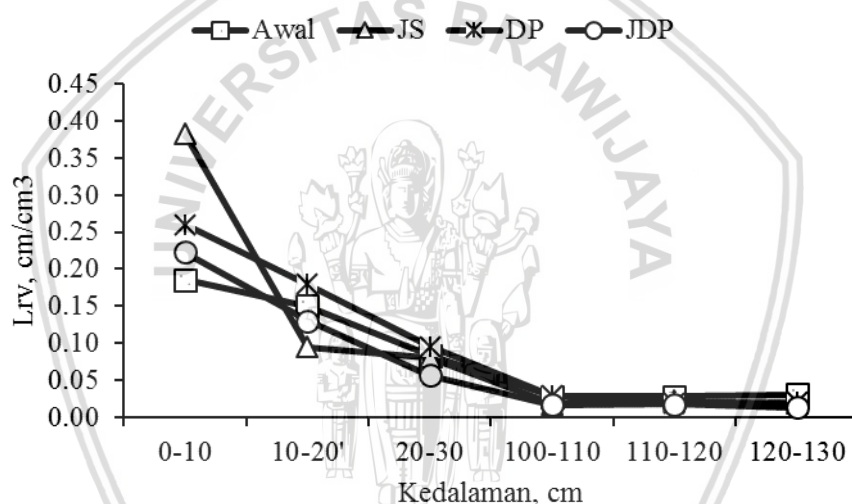


Gambar 6. Rata-rata Nisbah B/P cacing tanah sebelum dan sesudah aplikasi berbagai jenis bahan organik

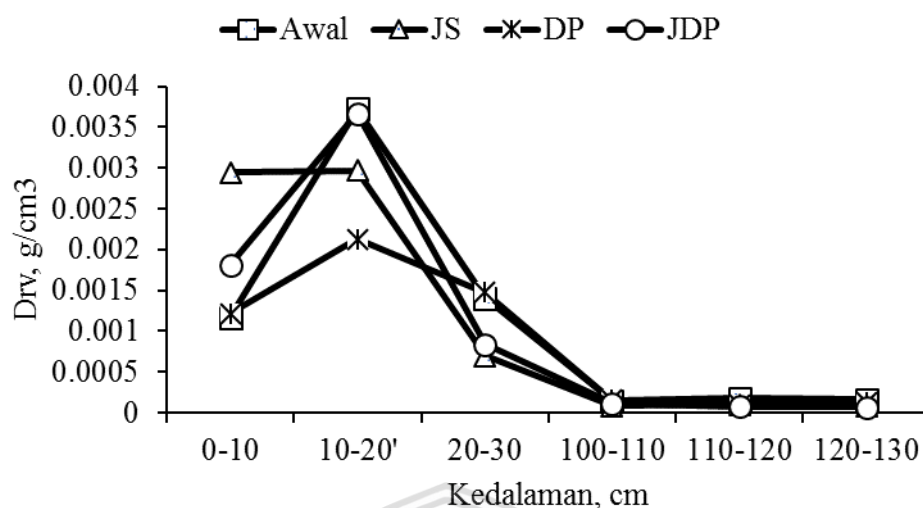
4.2.3. Akar Tanaman Kelapa Sawit

Penambahan bahan organik dapat merangsang pertumbuhan perakaran kelapa sawit karena dapat memperbaiki porositas tanah sehingga dapat ditembus oleh akar. Posisi, kedalaman, dan interaksi antara jenis BO dengan posisi dan kedalaman berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap Lrv (Lampiran 4a). Peningkatan Lrv terjadi pada kedalaman 0-10 cm diluar rorak di setiap jenis bahan organik dengan rata-rata sebesar 0,38 cm cm⁻³ untuk JS; 0,26 cm cm⁻³ untuk DP; dan 0,22 cm cm⁻³ untuk JDP.

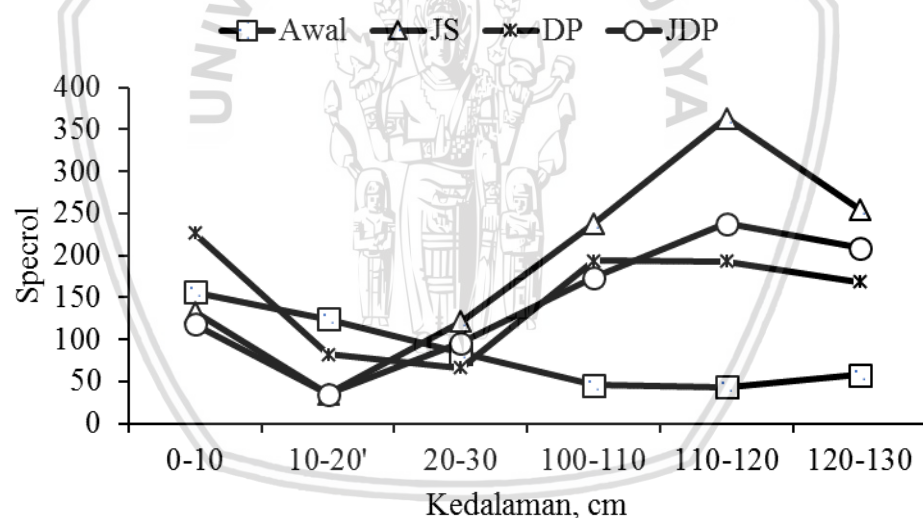
Sama halnya dengan Lrv, Drv juga mengalami peningkatan di luar rorak kedalaman 0-10 cm. Rata-rata Drv awal sebesar $0,001 \text{ g cm}^{-3}$ menjadi $0,003 \text{ g cm}^{-3}$ untuk JS dan $0,002 \text{ g cm}^{-3}$ untuk JDP. Berat kering akar akan berbeda di setiap jenis bahan organik, posisi, dan kedalaman ($p < 0,05$). Begitu pula dengan interaksi bahan organik dengan posisi, bahan organik dengan kedalaman, maupun interaksi dari ketiganya (Lampiran 4b). Rata-rata diameter akar kelapa sawit diluar rorak kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm mengalami peningkatan. Sedangkan di dalam rorak, akar semakin halus dari sebelumnya. Hal ini karena terdapat lapisan plintit yang menyebabkan akar sulit untuk menembus tanah. Lapisan plintit ini sudah dapat ditemui mulai kedalaman 60 cm dari permukaan tanah. Posisi peletakan bahan organik berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap specrol (Lampiran 4c).



Gambar 7. Total panjang akar (Lrv) sebelum dan sesudah aplikasi bahan organik di berbagai kedalaman



Gambar 8. Berat kering akar (Drv) sebelum dan sesudah bahan organik di berbagai kedalaman tanah (Keterangan: Awal= sebelum aplikasi BO, JS=janjang kosong, DP=daun pelepah, JDP=Campuran janjang kosong dengan daun pelepah)

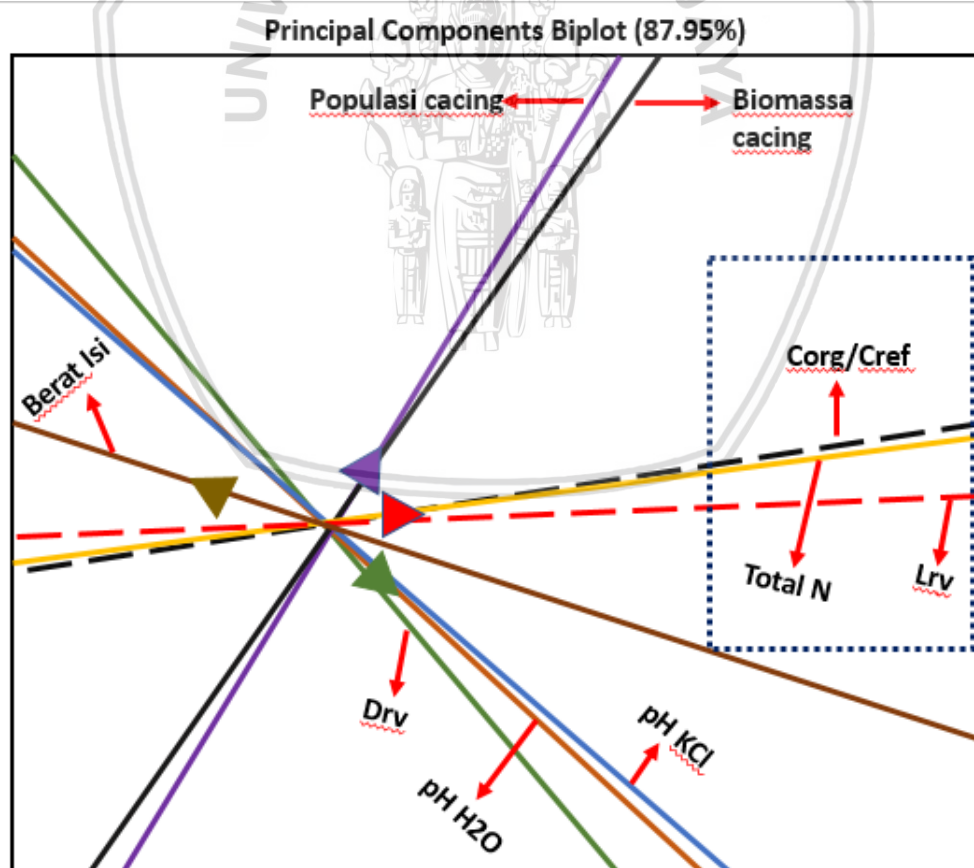


Gambar 9. Rata-rata specrol akar kelapa sawit sebelum dan sesudah aplikasi bahan organik di berbagai kedalaman (Keterangan: JS=janjang kosong, DP=daun pelepah, JDP=Campuran janjang kosong dengan daun pelepah)

4.3. Pembahasan

Tanah Ultisol adalah jenis tanah yang pada umumnya memiliki kesuburan tanah yang rendah dan kesuburannya hanya bergantung pada bahan organik di lapisan atas. Penurunan produktivitas tanah menyebabkan rendahnya hasil tanaman dan produksi bahan organik, sehingga input bahan organik yang berasal dari akar dan seresah tanaman yang dikembalikan ke tanah semakin kecil (Nurida,

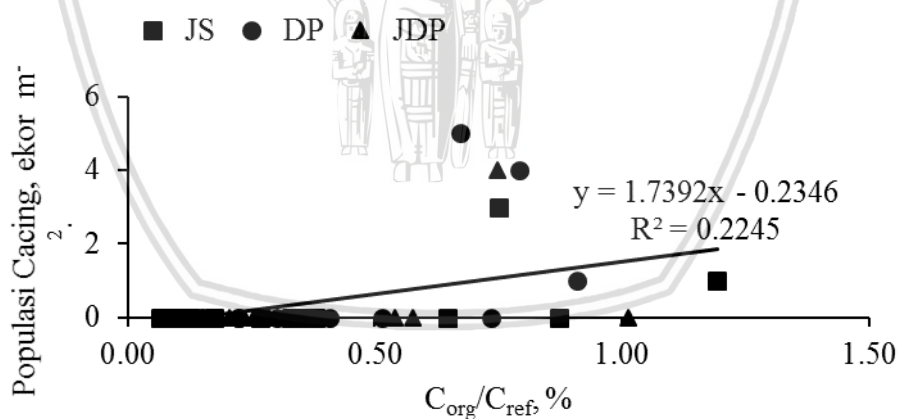
2006). Kualitas suatu tanah dapat diketahui dengan melihat indikator kualitas tanah, yaitu sifat kimia, biologi, dan fisik tanah. Salah satu indikator biologi yang dilakukan adalah keberadaan cacing tanah; fisik adalah berat isi; kimia adalah pH, total N, dan C-organik. Beberapa parameter yang diukur memiliki hubungan yang bervariasi. Garis variabel yang searah dan membentuk sudut lancip menunjukkan hubungan positif kuat (Gambar 16). Semakin panjang garis dan lancip sudut yang dibentuk, maka hubungannya semakin kuat. Kehadiran cacing dan biomassa cacing tanah tidak hanya bergantung terhadap kandungan C_{org}/C_{ref} dan hubungannya lemah. Kandungan C_{org}/C_{ref} yang semakin rendah seiring bertambahnya kedalaman dan kepadatan tanah berpengaruh dengan total panjang akar (Lrv). Penambahan bahan organik akan menambahkan C_{org}/C_{ref} ke dalam tanah dan berhubungan erat dengan peningkatan Lrv . Hal ini karena adanya perbaikan struktur dan porositas tanah akibat penambahan bahan organik yang menyebabkan penetrasi akar ke dalam tanah akan lebih mudah.



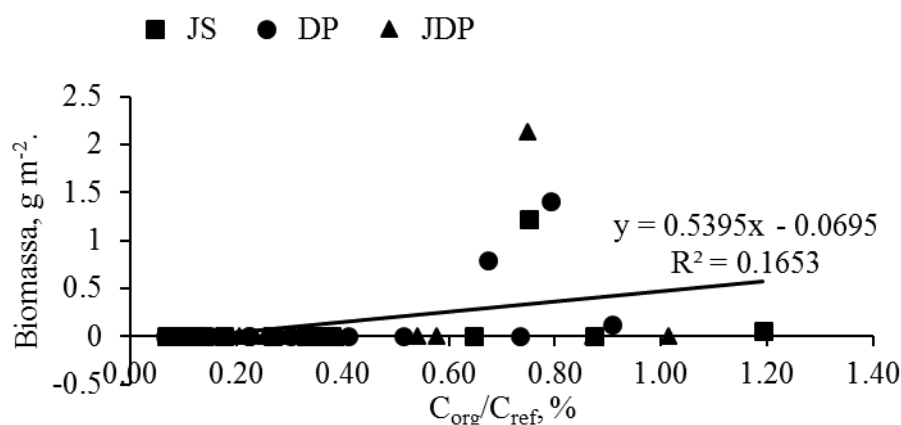
Gambar 10. Hubungan parameter pengamatan dilihat dari analisis biplot

Kandungan C-organik, total N, dan nilai pH tidak mengalami perubahan yang signifikan atau tidak berbeda jauh dari sebelumnya. Begitu pula berat isi tanah yang mengalami penurunan tidak signifikan sebesar 0,2% yang terjadi di dalam rorak kedalaman 0-10 cm pada aplikasi jangjang kosong dan daun pelepah. Menurut Hasibuan (2015), bahan organik merupakan sumber energi bagi aktivitas mikrobia tanah dan dapat memperbaiki berat volume tanah, struktur tanah, aerasi serta daya mengikat air.

Penambahan bahan organik belum dapat meningkatkan rata-rata jumlah dan biomassa cacing. Tetapi cacing yang ditemukan lebih besar daripada sebelumnya karena sumber makanan yang tercukupi. Rata-rata cacing tanah yang ditemukan adalah genus *Pontoscolex*. Menurut Yulipriyanto (2010), pemberian bahan organik ke dalam tanah akan meningkatkan produktifitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman, karena bahan organik tersebut yang terdekomposisi akan meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dan kesuburan tanah. Selain itu bahan organik akan menyediakan C-organik yang merupakan bahan konsumsi mikroorganisme. Adapun hubungan C-organik dengan populasi dan biomassa cacing ditampilkan di Gambar 17 dan 18.



Gambar 11. Hubungan C-organik dengan populasi cacing tanah

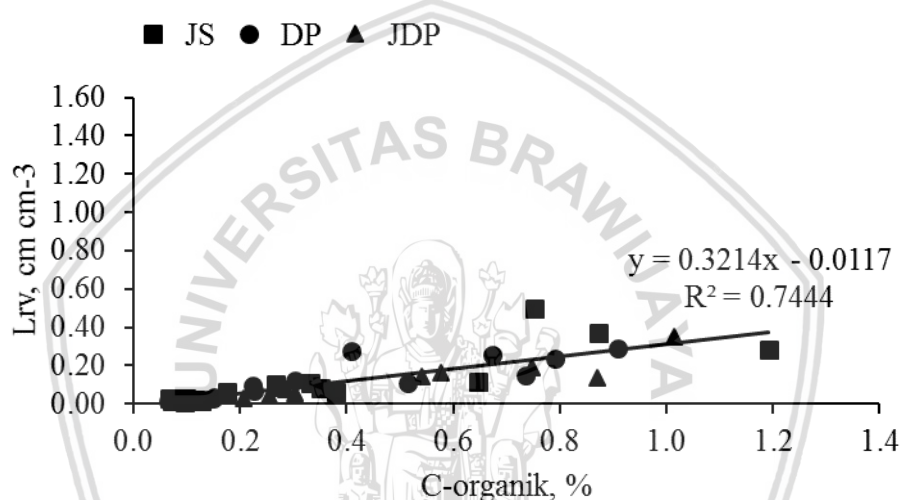


Gambar 12. Hubungan C-organik dengan biomassa cacing tanah

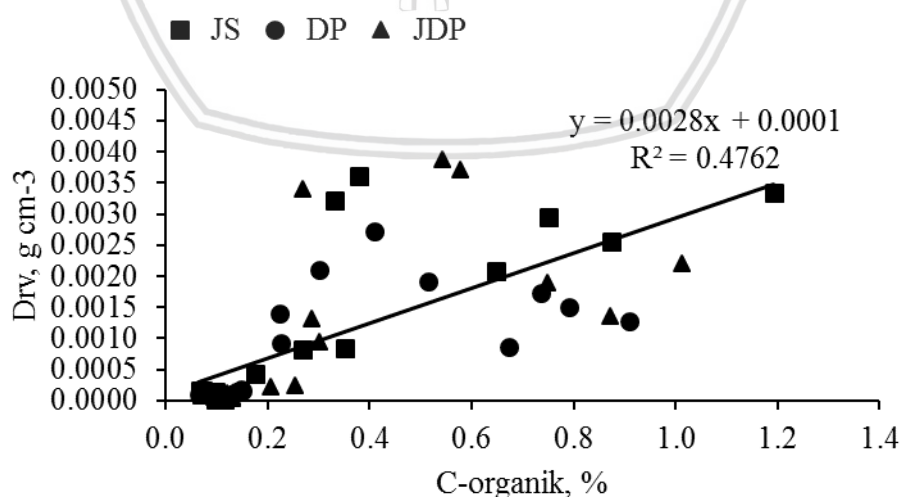
Kandungan C-organik memiliki hubungan positif lemah dengan populasi cacing tanah dan biomassa cacing. Hanya sekitar 22% populasi dan 16% biomassa cacing tanah dipengaruhi oleh C-organik (populasi, $R^2 = 0,2245$ dan biomassa, $R^2 = 0,1653$). Semakin rendah kandungan C-organik maka semakin rendah keberadaan cacing di tanah tersebut. Tinggi rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah salah satunya dipengaruhi oleh keragaman vegetasi. Perkebunan sawit memiliki vegetasi yang sedikit, sehingga ketersediaan makanan cacing kurang tercukupi karena serasah-serasah dari vegetasi tersebut akan menjadi sumber makanan. Keberadaan serasah diketahui memiliki pengaruh yang penting terhadap cacing tanah, yaitu sebagai pembentuk lingkungan mikro dan sumber makanan. Rata-rata populasi dan biomassa cacing tanah setelah penambahan bahan organik adalah 2 ekor m^{-2} dengan bobot 0,6 $g\ m^{-2}$ jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Wibowo (2015) pada tanah masam ultisol di Lampung Utara yang menghasilkan rata-rata 34 ekor m^{-2} dengan bobot 4,91 $g\ m^{-2}$.

Aktivitas cacing tanah dapat meningkatkan porositas dan menciptakan aerasi yang baik bagi perkembangan akar tanaman sehingga dapat menyerap unsur hara dengan baik. Pada penelitian ini, peningkatan Lrv dan Drv terjadi di luar rorak kedalaman 0-10 cm akibat pengaruh pemberian bahan organik. Pada kedalaman 0-10 cm di luar rorak, tanah masih belum padat dan masih mudah ditembus akar. Perkembangan dan penetrasi akar dipengaruhi oleh kesuburan tanah dan tidak adanya hambatan mekanis, sehingga perlakuan yang diberikan belum mempengaruhi pertumbuhan akar primer namun sudah berpengaruh pada akar sekunder dan tersier (Kurniawan *et al.*, 2014).

Hasil Lrv dan Drv di dalam rorak mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan organik belum mencapai sasaran yang diharapkan terhadap perakaran sawit di dalam rorak. Tidak adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme dan peningkatan kimia-fisika tanah merupakan salah satu penyebabnya. Kerapatan akar semakin menurun seiring bertambahnya kepadatan tanah yang disebabkan oleh ketersediaan oksigen yang berkurang dan menurunnya persentase ruang pori tanah akar sehingga tempat akar berkembang berkurang (Harahap, 1999). Perkembangan akar juga dipengaruhi oleh C-organik (gambar 19).



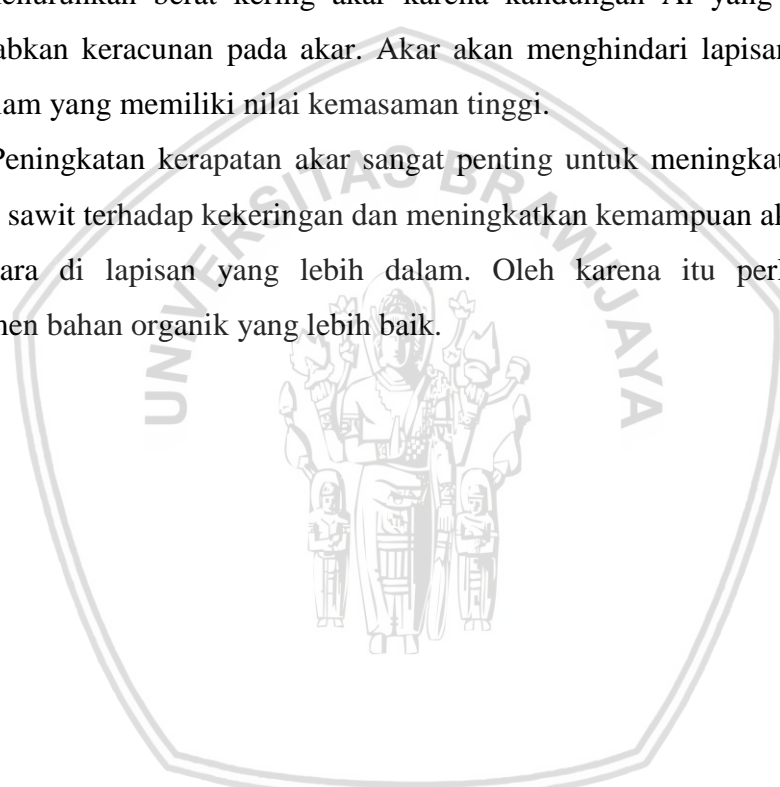
Gambar 13. Hubungan C-organik dengan Lrv (total Panjang akar)



Gambar 14. Hubungan C-organik dengan Drv (Berat kering akar)

Pada gambar diatas, sekitar setengah dari Drv dan 74% Lrv dipengaruhi oleh C-organik (Lrv, $R^2=0,7444$ dan Drv $R^2=0,4762$). Semakin tinggi C-organik tanah, maka perkembangan akar di dalam tanah akan semakin baik. Menurut Hairiah (2000) dalam Zulkarnain *et al.*, (2013), tingginya kandungan bahan organik tanah dapat mempertahankan kualitas fisika tanah untuk membantu perkembangan akar tanaman dan kelancaran pergerakan air tanah melalui pembentukan pori tanah dan kemantapan agregat tanah. Selain C-organik, Drv memiliki hubungan positif kuat dengan pH tanah (gambar 16). Tanah yang masam dapat menurunkan berat kering akar karena kandungan Al yang tinggi dapat menyebabkan keracunan pada akar. Akar akan menghindari lapisan tanah yang lebih dalam yang memiliki nilai kemasaman tinggi.

Peningkatan kerapatan akar sangat penting untuk meningkatkan adaptasi tanaman sawit terhadap kekeringan dan meningkatkan kemampuan akar menyerap unsur hara di lapisan yang lebih dalam. Oleh karena itu perlu dilakukan manajemen bahan organik yang lebih baik.



II. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

1. Penambahan bahan organik ke dalam rorak dalam waktu 3 bulan belum dapat memperbaiki kualitas tanah (populasi cacing tanah, kerapatan akar, C-organik, total N, dan berat isi tanah). Kandungan C-organik dan total N masih sangat rendah, yaitu 0,4% dan 0,05%.
2. Peningkatan sebaran perakaran kelapa sawit berhubungan positif kuat dengan kandungan C-organik, Lrv ($R^2=0,7444$) dan Drv ($R^2=0,4762$); sedangkan kerapatan cacing berhubungan lemah dengan C-organik, populasi ($R^2=0,2245$) dan biomassa ($R^2=0,1653$).
3. Penambahan bahan organik di dalam maupun di luar rorak akan menambah kandungan C-organik dan Total N yang akan meningkatkan sebaran akar sawit sehingga serapan air dan hara semakin meningkat dan daya adaptasi tanaman terhadap kekeringan lebih besar.

1.2. Saran

1. Perlu dilakukan uji lanjutan yang mencakup dua musim (hujan dan kemarau) untuk melihat perbedaannya dan waktu penelitian diperlama.
2. Perbaiki kualitas tanah di lapisan bawah di perkebunan kelapa sawit mungkin lebih efektif bila pemberian bahan organik dikombinasikan dengan peningkatan keanekaragaman tanaman dalam kebun sawit
3. Bahan organik sebaiknya diaplikasikan di luar rorak, karena lebih cepat merangsang kehadiran cacing tanah dan sebaran akar sawit lebih banyak dibandingkan di dalam rorak. Apabila di aplikasikan di dalam rorak, maka pengaruhnya dapat dilihat dalam jangka waktu yang lebih lama dibandingkan di luar rorak.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, dan D. Maharani. 2006. Diversitas Cacing Tanah Pada Agroforestri Berbasis Kopi di Desa Tawang Sari Kecamatan Pujon Malang. Malang: Skripsi Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian Jurusan Tanah
- Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. 2008. Teknologi Budidaya Kelapa Sawit. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
- Buckman, Nycle, & Brady, C. 1982. Ilmu Tanah. Jakarta: Karya Aksara
- Damanik, P. 2007. Perubahan Kepadatan Tanah dan Produksi Tanaman Kacang Tanah Akibat Intensitas Lintasan Traktor dan Dosis Bokashi. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Edwards, C.A. dan J.R. Lofty. 1977. Biology of earthworms. A Halsted Prenew as Book. New York.
- Fender, W. M., dan McKey-Fender, D. 1990. Oligochaeta: Megascleidae and other earthworms from western North America. New York: A wiley-Interscience Publisher
- Hairiah, K., W. H. Utomo, and J. V. Heide. 1992. Biomass Production And Performance Of Leguminous Cover Crops On An Ultisol Lampung. Agrivita, 15(1).
- Hairiah, K., D. Suprayogo, Widiyanto, dan C. Anshari. 2013. Manajemen Kesuburan Tanah secara Biologi. Pemanfaatan Residu Sawit, Penanaman LCC dan rumput, Stimulasi Pertumbuhan Akar. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hanafiah, K.A. 2013. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Rajawali Pers
- Harahap, E M. 1999. Perkembangan Akar Tanaman Kelapa Sawit pada Tanah Terdegradasi di Sosa Tapanuli Selatan Sumatera Utara. Ph.D. diss. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Haridjaja, O., Y. Hidayat, S. Maryamah. 2010. Pengaruh Bobot Isi Tanah Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Perkecambahan Benih Kacang Tanah dan Kedelai. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 15 (3): 147-152
- Jourdan, C. Ferriere, N.M., dan Perbal, G. 2000. Root System Architecture and Gravitropism in the Oil Palm. Annals of Botany. 85: 861-868
- Kurniawan, E., Ardian dan Wawan. 2014. Sifat Kimia Tanah dan Perkembangan Akar Kelapa Sawit pada Berbagai Dimensi Rorak dengan Pemberian Tandan Kosong. Jom Faperta. 1(2)
- Nazari, Y dan Sota, I. 2012. Deteksi Sebaran Akar Kelapa Sawit dengan Metode Geolistrik Resistivitas. Fakultas Pertanian. UNLAM
- Nurida, N.M. 2006. Peningkatan Kualitas Ultisol Jasinga Terdegradasi dengan Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. Ph. D. diss. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Prasetyo, A., E. Listyorini. dan H.W. Utomo. 2014. Hubungan Sifat Fisik Tanah, Perakaran Dan Hasil Ubi Kayu Tahun Kedua Pada Alfisol Jatiketo Akibat Pemberian Pupuk Organik Dan Anorganik. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 1 (1):27-31

- Purwantari., B. Tiesnamurti, dan Y. Adinata. 2015. Ketersediaan Sumber Hijauan di Bawah Perkebunan Kelapa Sawit untuk Pengembalaan Sapi. WARTAZOA. 25 (1): 47-54
- Racman, I., S. Djuniwati, dan K. Idris. 2008. Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk NPK Terhadap Serapan Hara dan Produksi Jagung di Inceptisol Ternate. Jurnal Tanah dan Lingkungan. 10 (3): 7-13
- Rowe, E., D. Suprayogo, K. Hairiah, Van Noordwijk M and Cadisch G, 2001. Root distribution of maize, Gliricidia and Peltophorum in Hedgerow intercropping systems. Agrivita 23 (2): 102-109
- Siregar, P., Fauzi dan Supriadi. 2017. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. Jurnal Agroekoteknologi USU. 5(34): 256-264
- Subowo, G. 2008. Prospek Cacing Tanah Untuk Pengembangan Teknologi Resapan Biologi di Lahan Kering. Jurnal Litbang Pertanian. 27 (4): 146–150
- Sudiyanto, S. 2016. Status Bahan Organik Tanah (BOT) di Berbagai Jenis Tanah Perkebunan Kelapa Sawit: Fraksionasi BOT Menggunakan Suspensi Silika LUDOX. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya
- Van Noordwijk, M. 1997. Foodcrop-based production systems as sustainable alternatives for Imperata grasslands? Agroforestry 36:55-82.
- Widiastuti, H., E. Guhardja, N. Sukarno. 2003. Arsitektur Akar Bibit Kelapa Sawit yang Diinokulasi Beberapa Cendawam Mikoriza Arbuskula. Menara Perkebunan. 71(1): 28-43
- Wibowo, S. 2015. Hubungan Cacing Tanah dengan Kondisi Fisik, Kimia, dan Mikrobiologis Tanah Masan Ultisol di Daerah Lampung Utara. Jurnal AGRIPEAT. 16 (1): 45-55
- Yulipriyanto, H. 2010. Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Zulkarnain, M., B. Prasetya, dan Soemarno. 2013. Pengaruh Kompos, Pupuk Kandang, dan Custom-Bio terhadap Sifat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tebu pada Entisol di Kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. Indonesian Green Technology Journal. 2(1)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil analisis keragaman karakteristik tanah sebelum aplikasi bahan organik

Lampiran 1a. Hasil analisis keragaman berat isi tanah sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	0.12619	0.12619	18.21	0.002*	0.0392
Kedalaman_cm (D)	2	0.00694	0.00347	0.5	0.621	0.0481
P x D	2	0.13928	0.06964	10.05	0.004*	0.068
Ulangan	2	0.00325	0.00163	0.23		

Rata-rata berat isi tanah (g cm^{-3}) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (g cm^{-3})
Luar Rorak	1.2 a
Dalam Rorak	1.4 b
Rata-rata	1.3
s.e.d	0.0392

Lampiran 1b. Hasil analisis keragaman pH KCl sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	0.07094	0.07094	27.26	<.001*	0.024
Kedalaman_cm (D)	2	0.00334	0.00167	0.64	0.546	0.0295
P x D	2	0.00314	0.00157	0.6	0.565	0.0417
Ulangan	2	0.12724	0.06362	24.45		

pH	Posisi	Rata-rata	Rata-rata KCl sebelum aplikasi bahan organik
	Luar Rorak	4.09 b	
	Dalam Rorak	3.97 a	
	Rata-rata	4.03	
	s.e.d	0.024	

organik

Lampiran 1c. Hasil analisis keragaman persentase C-organik sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
----	----	----	----	----------	------	-------

Posisi (P)	1	6.9485	6.9485	144.06	<.001*	0.10
Kedalaman_cm (D)	2	2.2162	1.1081	22.97	<.001*	0.13
P x D	2	1.6594	0.8297	17.2	<.001*	0.18
Ulangan	2	0.3905	0.1952	4.05		

Rata-rata C-organik (%) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	1.61	b
Dalam Rorak	0.37	a
Rata-rata	0.99	
s.e.d	0.10	
Kedalaman		
0-10	1.45	c
10-20	0.92	b
20-30	0.60	a
Rata-rata	0.99	
s.e.d	0.13	

Lampiran 1d. Hasil analisis keragaman persentase C_{org}/C_{ref} sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	1.15872	1.15872	115.76	<.001*	0.05
Kedalaman_cm (D)	2	0.38169	0.19084	19.07	<.001*	0.06
P x D	2	0.3067	0.15335	15.32	<.001*	0.08
Ulangan	2	0.0734	0.0367	3.67		

Rata-rata C_{org}/C_{ref} (%) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	0.62	b
Dalam Rorak	0.11	a
Rata-rata	0.36	
s.e.d	0.05	
Kedalaman		
0-10	0.55	c
10-20	0.34	b
20-30	0.20	a
Rata-rata	0.36	
s.e.d	0.06	

Lampiran 1e. Hasil analisis keragaman persentase total N sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	0.0252	0.0252	312.84	<.001	0.00423

Kedalaman_cm (D)	2	0.0069	0.0034	42.7	<.001	0.00518
P x D	2	0.0059	0.0030	36.65	<.001	0.00733
Ulangan	2	0.0007	0.0003	4.19		

Rata-rata total N (%) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	0.10	b
Dalam Rorak	0.03	a
Rata-rata	0.07	
s.e.d	0.00423	
Kedalaman		
0-10	0.09	C
10-20	0.06	B
20-30	0.04	A
Rata-rata	0.07	
s.e.d	0.00518	

Lampiran 2. Hasil analisis keragaman kerapatan akar sebelum aplikasi bahan organik

Lampiran 2a. Hasil analisis keragaman total panjang akar (Lrv) sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	0.05527124	0.05527	726	<.001*	0.00411
Kedalaman_cm (D)	2	0.00774708	0.00387	50.88	<.001*	0.00504
P x D	2	0.00841615	0.00421	55.27	<.001*	0.00712
Ulangan	2	0.00030441	0.00015	2		

Rata-rata total Panjang akar (cm cm⁻³) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (cm cm ⁻³)	
Luar Rorak	0.140	b
Dalam Rorak	0.029	a
Rata-rata	0.084	
s.e.d	0.00411	
Kedalaman		
0-10	0.107	c
10-20	0.089	b
20-30	0.057	a
Rata-rata	0.084	
s.e.d	0.00504	

Lampiran 2b. Hasil analisis keragaman total berat kering akar (Drv) sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	1.68E-05	1.68E-05	251.83	<.001*	0.000122
Kedalaman_cm (D)	2	6.06E-06	3.03E-06	45.31	<.001*	0.000149
P x D	2	5.88E-06	2.94E-06	43.98	<.001*	0.000211
Ulangan	2	1.10E-08	5.49E-09	0.08		

Rata-rata berat kering akar (g cm^{-3}) sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (g cm^{-3})	
Luar Rorak	0.0021	b
Dalam Rorak	0.00016	a
Rata-rata	0.00113	
s.e.d	0.000122	
Kedalaman		
0-10	0.0007	a
10-20	0.0019	b
20-30	0.0008	a
Rata-rata	0.0011	
s.e.d	0.000149	

Lampiran 2c. Hasil analisis keragaman nilai specrol akar sebelum aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Posisi (P)	1	44574.3	44574.3	48.78	<.001*	14.25
Kedalaman_cm (D)	2	11282.6	5641.3	6.17	0.018*	17.45
P x D	2	10907.7	5453.9	5.97	0.02*	24.68
Ulangan	2	2420	1210	1.32		

Rata-rata specrol akar sebelum aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata	
Luar Rorak	88.7	a
Dalam Rorak	188.3	b
Rata-rata	138.5	
s.e.d	14.25	
Kedalaman		
0-10	171.5	b
10-20	110.2	a
20-30	134.2	ab
Rata-rata	138.5	
s.e.d	17.45	

Lampiran 3. Hasil analisis keragaman karakteristik tanah setelah aplikasi bahan organik

Lampiran 3a. Hasil analisis keragaman Ph_{KCl} setelah aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Jenis BO (BO)	2	0.169793	0.084896	13.59	<.001	0.0263
Posisi (P)	1	0.13903	0.13903	22.26	<.001	0.0215
Kedalaman (D)	2	0.068048	0.034024	5.45	0.009	0.0263
BO X P	2	0.008726	0.004363	0.7	0.504	0.0373
BO X D	4	0.018985	0.004746	0.76	0.559	0.0456
P X D	2	0.003448	0.001724	0.28	0.76	0.0373
BO x P x D	4	0.025296	0.006324	1.01	0.415	0.0645
Ulangan	2	0.552604	0.276302	44.24		

Rata-rata derajat kemasaman KCl (pH_{KCl}) setelah diaplikasikan bahan organik

Rata-rata derajat kemasaman	
Jenis Bahan Organik	
Janjang kosong (JS)	4,18 b
Daun pelepah (DP)	4,05 a
Campuran janjang kosong dan daun pelepah (JDP)	4,06 a
Rata-rata	4,10
s.e.d	0,0263
Kedalaman (cm)	
0-10	4,14 b
10-20	4,09 ab
20-30	4,06 a
Rata-rata	4,10
s.e.d	0,0263

Lampiran 3b. Hasil analisis keragaman persentase C-organik dan C_{org}/C_{ref} setelah aplikasi bahan organik

a. C-organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	0.4222	0.2111	4.48		
Jenis_BO (BO)	2	0.02668	0.01334	0.28	0.755	0.0724
Posisi (P)	1	14.3745	14.37446	304.86	<.001 *	0.0591

Kedalaman_cm (D)	2	5.01993	2.50997	53.23	<.001*	0.0724
BO x P	2	0.04225	0.02113	0.45	0.643	0.1024
BO x D	4	0.10623	0.02656	0.56	0.691	0.1254
P x D	2	4.08832	2.04416	43.35	<.001*	0.1024
BO x P x D	4	0.17707	0.04427	0.94	0.453	0.1773

Rata-rata C-organik (%) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	1.4	b
Dalam Rorak	0.4	a
Rata-rata	0.9	
s.e.d	0.0591	
Kedalaman		
0-10	1.3	c
10-20	0.8	b
20-30	0.6	a
Rata-rata	0.9	
s.e.d	0.0724	

b. C_{org}/C_{ref}

	SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	0.09628	0.048142	5.98			
Jenis_BO (BO)	2	0.00108	0.000538	0.07	0.935	0.0299	
Posisi (P)	1	2.4896	2.489596	309.31	<.001*	0.0244	
Kedalaman_cm (D)	2	0.91118	0.455589	56.6	<.001*	0.0299	
BO x P	2	0.0059	0.002947	0.37	0.696	0.0423	
BO x D	4	0.02161	0.005403	0.67	0.616	0.0518	
P x D	2	0.77079	0.385395	47.88	<.001*	0.0423	
BO x P x D	4	0.03109	0.007772	0.97	0.439	0.0733	

Rata-rata C_{org}/C_{ref} (%) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	0.5	b
Dalam Rorak	0.1	a
Rata-rata	0.3	
s.e.d	0.0244	
Kedalaman		
0-10	0.5	c
10-20	0.3	b
20-30	0.2	a
Rata-rata	0.3	
s.e.d	0.0299	

Lampiran 3c. Hasil analisis keragaman persentase total N setelah aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	0.001375	0.000688	2.63		
Jenis_BO (BO)	2	0.000601	0.0003	1.15	0.329	0.00539
Posisi (P)	1	0.072239	0.072239	275.87	<.001*	0.0044
Kedalaman_cm (D)	2	0.023908	0.011954	45.65	<.001*	0.00539
BO x P	2	0.000805	0.000403	1.54	0.229	0.00763
BO x D	4	0.001056	0.000264	1.01	0.417	0.00934
P x D	2	0.017499	0.00875	33.41	<.001*	0.00763
BO x P x D	4	0.001171	0.000293	1.12	0.364	0.01321

Rata-rata total N (%) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (%)	
Luar Rorak	0.12	b
Dalam Rorak	0.05	a
Rata-rata	0.1	
s.e.d	0.0044	
Kedalaman		
0-10	0.11	c
10-20	0.08	b
20-30	0.06	a
Rata-rata	0.08	
s.e.d	0.00539	

Lampiran 3d. Hasil analisis keragaman populasi dan biomassa cacing tanah setelah aplikasi bahan organik

a. Populasi cacing tanah

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	7	3.5	2.06		
Jenis_BO (BO)	2	4	2	1.18	0.35	0.753
Posisi (P)	1	18	18	10.59	0.01*	0.615
BO x P	2	4	2	1.18	0.35	1.065

Rata-rata populasi cacing tanah (ekor m⁻²) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (ekor m ⁻²)	
Luar Rorak	2	b
Dalam Rorak	0	a
Rata-rata	1	
s.e.d	0.615	

b. Biomassa cacing tanah

2. SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	2.062	1.031	3.74		
Jenis_BO (BO)	2	0.106	0.053	0.19	0.83	0.303
Posisi (P)	1	1.843	1.843	6.69	0.03*	0.248
BO x P	2	0.106	0.053	0.19	0.83	0.429

Rata-rata biomassa cacing tanah (g m⁻²) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (g m ⁻²)	
Luar Rorak	0.64	b
Dalam Rorak	0	a
Rata-rata	0.32	
s.e.d	0.248	

Lampiran 3e. Hasil uji kontras populasi tanah pada aplikasi janjang kosong dan daun pelepah

SK	db	JK	KT	Fhitung	F 10%
Jenis_BO	2	8.000	4.000	1.60	0.309
Contrast 1	1	0.000	0.000	0.00	1.000
Contrast 2	1	6.000	6.000	2.40	0.196*
Contrast 3	1	2.000	2.000	0.80	0.422
Ulangan	2	14.000	7.000	2.80	

Lampiran 4. Kerapatan Perakaran Kelapa Sawit

Lampiran 4a. Hasil analisis keragaman total Panjang akar (Lrv) setelah aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
		0.00267				
Ulangan	2	1	0.001335	0.65		
Jenis_BO (BO)	2	0.00786	0.00393	1.91	0.163	0.0151
		0.29490				0.0123
Posisi (P)	1	3	0.294903	143.62	<.001*	3
Kedalaman_cm (D)	2	0.11087	0.055438	27	<.001*	0.0151

6

BO x P	2	0.00523	0.002615	1.27	0.293	0.0213
						6
BO x D	4	0.01942	0.004855	2.36	0.072	0.0261
		0.10404				6
P x D	2	4	0.052022	25.33	<.001*	0.0213
		0.02348				6
BO x P x D	4	8	0.005872	2.86	0.038*	0.037

Rata-rata total panjang akar (cm cm⁻³) setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata (cm cm ⁻³)
Luar Rorak	0.17 b
Dalam Rorak	0.02 a
Rata-rata	0.09
s.e.d	0.01233
Kedalaman	
0-10	0.155 b
10-20	0.077 a
20-30	0.048 a
Rata-rata	0.093
s.e.d	0.0151

Lampiran 4b. Hasil analisis berat kering akar (Drv) setelah aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	9.33E-08	4.66E-08	0.38		
Jenis_BO (BO)	2	8.17E-07	4.09E-07	3.32	0.048*	0.000117
Posisi (P)	1	4.74E-05	4.74E-05	384.63	<.001*	9.55E-05
Kedalaman_cm (D)	2	8.26E-06	4.13E-06	33.55	<.001*	0.000117
BO x P	2	1.05E-06	5.25E-07	4.26	0.022*	0.000165
BO x D	4	3.66E-06	9.14E-07	7.42	<.001*	0.000203
P x D	2	8.24E-06	4.12E-06	33.47	<.001*	0.000165
BO x P x D	4	3.72E-06	9.30E-07	7.55	<.001*	0.000287

Rata-rata berat kering akar (g cm^{-3}) setelah aplikasi bahan organik

Posisi		Rata-rata (g cm^{-3})	
Luar Rorak		0.00197	b
Dalam Rorak		0.00010	a
Rata-rata		0.00104	
s.e.d		9.55E-05	
Kedalaman			
0-10		0.00106	b
10-20		0.00151	c
20-30		0.00055	a
Rata-rata		0.00104	
s.e.d		0.000117	
Jenis Bahan Organik			
Janjang kosong (JS)		0.00115	b
Daun Pelepah (DP)		0.00087	a
Campuran JS + DP		0.0011	ab
Rata-rata		0.00104	
s.e.d		0.000117	
Jenis BO x Posisi			
Jenis BO	Posisi	Rata-rata	
Campuran JS + DP	2	8.7E-05	a
Janjang kosong (JS)	2	0.00009	a
Daun Pelepah (DP)	2	0.00012	a
Daun Pelepah	1	0.00161	b
Campuran JS+DP	1	0.00211	c
Janjang kosong (JS)	1	0.00221	c
Rata-rata		0.00104	
s.e.d		0.000165	
Jenis BO x Kedalaman			
Jenis BO	Kedalaman	Rata-rata	
Janjang kosong (JS)	0-10	0.00152	cd
Janjang kosong (JS)	10-20	0.00153	cd

Janjang kosong (JS)	20-30	0.00039	a
Daun Pelepah (DP)	0-10	0.00068	ab
Daun pelepah (DP)	10-20	0.00111	bc
Daun pelepah (DP)	20-30	0.0008	ab
Campuran JS+DP	0-10	0.00097	b
Campuran JS+DP	10-20	0.00187	d
Campuran JS+DP	20-30	0.00045	a
Rata-rata		0.00104	
s.e.d		0.000203	

Lampiran 4c. Hasil analisis keragaman nilai specrol akar setelah aplikasi bahan organik

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F 5%	s.e.d
Ulangan	2	5	2.5	0.34		
Jenis_BO (BO)	2	16.731	8.366	1.13	0.336	0.908
Posisi (P)	1	353.459	353.459	47.59	<.001*	0.742
Kedalaman_cm (D)	2	35.162	17.581	2.37	0.109	0.908
BO x P	2	37.768	18.884	2.54	0.094	1.285
BO x D	4	30.102	7.525	1.01	0.414	1.573
P x D	2	114.425	57.213	7.7	0.002*	1.285
BO x P x D	4	21.171	5.293	0.71	0.589	2.225

Rata-rata specrol akar setelah aplikasi bahan organik

Posisi	Rata-rata
Luar Rorak	101.551 a
Dalam Rorak	225.860 b
Rata-rata	163.705
s.e.d	0.742